

Technikherstellung und Technikanwendung im Werkzeugmaschinenbau: automatisierte Werkstückhandhabung und ihre Folgen für die Arbeit

Deiß, Manfred; Döhl, Volker; Sauer, Dieter; Altmann, Norbert

Veröffentlichungsversion / Published Version
Monographie / research report

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF München

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Deiß, M., Döhl, V., Sauer, D., & Altmann, N. (1990). *Technikherstellung und Technikanwendung im Werkzeugmaschinenbau: automatisierte Werkstückhandhabung und ihre Folgen für die Arbeit*. (Forschungsberichte aus dem Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.). Frankfurt am Main: Campus Verl.. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-68033>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Manfred Deiß, Volker Döhl, Dieter Sauer,
unter Mitarbeit von Norbert Altmann

Technikherstellung und Technikanwendung im Werkzeugmaschinenbau

Automatisierte Werkstückhandhabung
und ihre Folgen für die Arbeit

Campus Verlag
Frankfurt / New York

Technikherstellung und Technikanwendung im Werkzeugmaschinenbau

Forschungsberichte aus dem
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.
ISF München



Diese Veröffentlichung referiert Ergebnisse des Projekts "Innovation und Verbreitung humanisierungsrelevanter Technologien". Das Forschungsvorhaben wurde vom Bundesminister für Forschung und Technologie gefördert.
Förderkennzeichen: 01 HA 092/2.

Verantwortlich für den Inhalt dieses Buches sind die Autoren. Der Bundesminister für Forschung und Technologie übernimmt keine Gewähr, insbesondere für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter.

Die Erarbeitung der theoretischen Grundlagen und die Erstellung der Buchfassung erfolgten im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 333 der Universität München, "Entwicklungsperspektiven von Arbeit", Teilprojekt B 3.

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Deiß, Manfred:

Technikerstellung und Technikanwendung im
Werkzeugmaschinenbau : automatisierte Werkstückhandhabung
und ihre Folgen für die Arbeit / Manfred Deiß ; Volker Döhl ;
Dieter Sauer. Unter Mitarb. von Norbert Altmann. - Frankfurt
(Main) ; New York : Campus Verlag, 1990

(Forschungsberichte aus dem Institut für Sozialwissenschaftliche
Forschung e.V., ISF, München)

ISBN 3-593-34384-3

NE: Döhl, Volker; Sauer, Dieter

Die Forschungsberichte werden herausgegeben vom Institut
für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. (ISF), München.

Copyright © 1990 bei ISF München.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung ohne Zustimmung des Instituts ist unzulässig. Das gilt
insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen
und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Vertrieb: Campus Verlag, Heerstraße 149, 6000 Frankfurt 90.

Druck und Herstellung: Uni-Druck, München.

Printed in Germany.

Vorwort

In diesem Bericht werden Ergebnisse eines Forschungsprojekts vorgestellt, das im Rahmen des Programms zur Humanisierung des Arbeitslebens neue Problemzusammenhänge aufgegriffen hat. Die Ausgangsannahme war, daß Technikeinsatz und Arbeitsorganisation, und damit die Arbeitsbedingungen, wesentlich von der Art und Weise beeinflusst werden, wie sich technische Neuerungen über den (Technik-)Markt durchsetzen und verbreiten. Dabei spielt das jeweilige Verhältnis zwischen den beteiligten Herstellern und Anwendern neuer Technologien eine entscheidende Rolle. Ziel der Untersuchung war es, die in diesem Prozeß wirksamen - und für bestimmte Arbeitsfolgen relevanten - Einflußgrößen und Mechanismen zu analysieren und darauf bezogen in einer förderpolitischen Perspektive (auch neuartige) Ansatzpunkte für eine innovative und menschengerechte Gestaltung von Arbeit und Technik zu identifizieren.

Die Analyse dieser Zusammenhänge im Werkzeugmaschinenbau war Teil einer Gesamtstudie, in deren Zentrum die Durchsetzung neuer Technologien im Kontext neuer Rationalisierungsstrategien in der Möbelindustrie stand. Die Ergebnisse hierzu wurden bereits präsentiert und publiziert.

Die hier vorgelegten Ergebnisse konzentrieren sich auf die für den Werkzeugmaschinenbau relevanten Prozesse der Technikherstellung und -anwendung, und zwar ausschnittshaft auf die Entwicklungen in der automatisierten Werkstückhandhabung an spanenden Werkzeugmaschinen. Trotz dieser Eingrenzung von Untersuchungsfeld und -gegenstand waren in breitem Maße auch die für diesen Bereich relevanten Bedingungen und Entwicklungen insbesondere im übrigen Maschinenbau und in der Metallindustrie generell zu berücksichtigen, ebenso wie andere für diesen Technologieaspekt bedeutsame Techniklinien. Wir gehen daher davon aus, daß unsere Ergebnisse in ihrer Aussagekraft gleichwohl exemplarische Bedeutung für Bereiche mit zum Werkzeugmaschinenbau vergleichbaren Produktionsstrukturen besitzen und in forschungs- und förderpolitischer

Hinsicht - insbesondere auch hinsichtlich der Relevanz des jeweiligen Hersteller-Anwender-Verhältnisses - generalisierbare Hinweise liefern.

Die Laufzeit der Studie im Werkzeugmaschinenbau (1982-1987) ermöglichte es, die nur allmähliche Konsolidierung der Technikentwicklung in diesem Feld über einen längeren Zeitraum zu verfolgen. Dabei zeichnete sich - vor dem Hintergrund einer neuen Stoßrichtung in der Rationalisierungsentwicklung und neuartigen Anforderungen der Technikbetreiber ("flexible Automation") - vor allem auch ein grundlegender Wandel im Anwendungsbezug neuer Produktionstechniken ab: Technikgestaltung und -auslegung sind zunehmend "systemisch" orientiert und beziehen sich immer mehr auf die von den jeweiligen Anwendern angestrebte gesamtbetrieblich orientierte und rechnergestützte Integration ihrer Fertigungsabläufe. Bei der Interpretation unserer Befunde zu dieser Entwicklung, den damit für Hersteller und Anwender verbundenen Problemen und den in diesem Zusammenhang bedeutsamen Auswirkungen für die Arbeit wurde auf theoretisch-analytische Vorarbeiten zur Herausbildung eines neuen Rationalisierungstyps zurückgegriffen, die im Rahmen unserer Projektarbeiten im Sonderforschungsbereich 333 der Universität München, Entwicklungsperspektiven von Arbeit, Teilprojekt B3, geleistet wurden.

Unser Dank gilt zunächst den zuständigen Sachbearbeitern des Projektträgers Arbeit und Technik (vormals Humanisierung des Arbeitslebens); ihr Verständnis und ihre Unterstützung erst ermöglicht die Durchführung derartiger Forschungsprojekte, die sich mit vielfältigen Zusammenhängen und langwierigen Veränderungen in komplexen Untersuchungsfeldern befassen. Wir danken auch den Betrieben auf der Hersteller- und Anwenderseite für ihre wirkungsvolle Hilfe und ihre Auskunftsbereitschaft bei der Durchführung der empirischen Arbeiten.

Schließlich gilt unser besonderer Dank allen, die an der mühsamen und aufwendigen Texterstellung beteiligt waren.

München, Juni 1990

Manfred Deiß
Volker Döhl
Dieter Sauer
Norbert Altmann

Inhalt

Vorwort	1
I. Ausgangspunkt, Problemstellung und Struktur der Untersuchung	5
II. Die Wirtschaftskrise als Ausgangspunkt: Anforderungen zur Flexibilisierung und Automatisierung im Werkzeugmaschinenbau	15
III. Alternativen automatisierter Werkstückhandhabung an spanenden Werkzeugmaschinen - die Bedeutung des Anwendungsbezugs für ihre Durchsetzung	33
Vorbemerkung: Zum Stellenwert der Beschickung von spanenden Werkzeugmaschinen mit Werkstücken	33
1. Zur Ausgangssituation der Werkstückhandhabung Anfang der 80er Jahre	35
2. Die Situation in der Werkstückhandhabung ab Mitte der 80er Jahre	43
3. Neuere Rationalisierungstendenzen und Werkstückhandhabung im spanenden Bereich	61
IV. Auswirkungen automatisierter Werkstückhandhabung auf die Arbeit in der spanenden Fertigung	67
1. Folgen für die Beschäftigung	68
2. Folgen für die Qualifikation und die Arbeitsorganisation	76

V. Veränderungen auf dem Technikmarkt und in der Struktur der Hersteller-Anwender-Beziehungen	89
1. Die Polarisierung des Herstellermarktes und der schwierige Weg vom Hersteller einzelner Fertigungstechniken zum Systemlieferanten	91
2. Neue Formen des Hersteller-Anwender-Verhältnisses und die Implikationen für die Anwenderbetriebe und ihre Beschäftigten	103
VI. Hersteller-Anwender-Beziehungen, Alternativen automatisierter Werkstückhandhabung und menschengerechte Gestaltung von Arbeit und Technik	123
A. Einige allgemeine förderpolitisch relevante Ergebnisse	125
B. Alternativen der Werkstückhandhabung und menschengerechte Gestaltung der Arbeit	131
1. Beschäftigung	131
2. Arbeitsbelastungen	134
3. Schichtarbeit	135
4. Arbeitsorganisation und Qualifikation	138
C. Hersteller-Anwender-Beziehungen und menschengerechte Gestaltung der Arbeit	154
1. Zunehmende Intransparenz auf dem Technikmarkt	155
2. Tendenz zur Lieferung von Systemlösungen	158
3. Der wachsende Einfluß des Technikherstellers auf die Gestaltung von Fertigungs- und Arbeitsstrukturen	163
4. Die Bedeutung unterschiedlicher Hersteller-Anwender-Beziehungen	166
Literatur	169
Das Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. München	175

I. Ausgangspunkt, Problemstellung und Struktur der Untersuchung

(1) Diese Untersuchung ging von der generellen **Annahme** aus, daß die Art, wie sich technische Neuerungen im Verhältnis zwischen Herstellern und Anwendern über den (Technologie-)Markt durchsetzen, eine wesentliche Rolle für die Gestaltung von Technik und Arbeitsorganisation in den Produktionsprozessen der Anwenderbetriebe spielt. In diesem Zusammenhang sollten im jeweiligen Untersuchungsfeld die für die zukünftige Entwicklung von Arbeitsbedingungen relevanten Techniken und Technikalternativen erfaßt werden. **Ziel** war es, die entscheidenden betrieblichen, marktbezogenen und institutionellen Einflußfaktoren im Prozeß der Durchsetzung und Verbreitung neuer Technologien zu identifizieren. Dabei sollten auch Ansatzpunkte für eine Politik gefunden werden, die eine menschengerechte Gestaltung der Arbeit fördert.

Die Untersuchung dieser Frage im **Werkzeugmaschinenbau** ist **Teil einer Gesamtstudie**, in deren Zentrum die Durchsetzung neuer Technologien in Zusammenhang mit neuen und veränderten Rationalisierungsstrategien in der Möbelindustrie stand (Deiß u.a. 1989; Döhl u.a. 1989).

(2) Bereits die empirischen Arbeiten in der Vorphase (1982) und insbesondere die Befunde aus der Möbelindustrie machten frühzeitig deutlich, daß die Ausgangsfragestellung auch im Werkzeugmaschinenbau und vor allem an dem - vom Auftraggeber weitgehend vorgegeben - eingegrenzten Untersuchungsgegenstand der "flexiblen Werkstückhandhabung bei der Beschickung spanender Werkzeugmaschinen in der Mittel- und Kleinserienfertigung" nicht untersucht werden konnte, ohne die (im Werkzeugmaschinenbau besonders komplexen) betrieblichen Voraussetzungen und überbetrieblichen Rahmenbedingungen möglichst umfassend einzubeziehen. Vor allem war zu jener Zeit (auch) im Werkzeugmaschinenbau vor dem Hintergrund einer generellen **wirtschaftlichen Krise** und eines gravierenden Produktionsrückgangs in der Branche selbst ein anhaltender Veränderungsprozeß in der Produktentwicklung in Gang gekommen (vgl. Kap. II); dieser war durch einen sukzessiven technisch-organisatorischen Wandel in den Bereichen der Hauptabnehmer von Fertigungstechniken ausgelöst bzw. forciert worden.

In diesem Wandel schlug sich eine neue, **systemisch orientierte** Stoßrichtung der Rationalisierung in den hauptsächlichlichen Anwender- bzw. (End-)Abnehmerbetrieben von Werkzeugmaschinen und anderen Fertigungstechniken, insbesondere aus dem Fahrzeug- und sonstigen Maschinenbau, nieder: Ihre Rationalisierungsstrategien zielten immer mehr auf eine prozeßübergreifende Neuordnung und Integration der Fertigungsteilprozesse, auf eine Reorganisation des Gesamtbetriebes ab und erfaßten tendenziell alle Funktionen und Teilbereiche des betrieblichen Geschehens. Der in den technisch-organisatorischen Veränderungen der Betriebe immer deutlicher, wenn auch in den einzelnen Branchen mit unterschiedlicher Vehemenz, zum Ausdruck kommende **neue Typ betrieblicher Rationalisierung** (vgl. Altmann u.a. 1986) und der Einsatz computergestützter Techniken als eine seiner zentralen Grundlagen schlugen sich gegenüber den Herstellern von Fertigungstechniken in immer zwingenderen und erweiterten Anforderungen an Techniklösungen für eine **flexible Fertigungs- und Montageautomation** nieder.

Dieser "Neue Rationalisierungstyp" zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- o Betriebliche Rationalisierungsstrategien sind nicht mehr primär auf die Erhöhung der Leistungsfähigkeit einzelner Bearbeitungsprozesse bzw. auf die Steigerung des Nutzungsgrades einzelner Fertigungsanlagen gerichtet; sie zielen vielmehr auf die optimale Koordination und Integration möglichst vieler Teilprozesse ab. Mit dem Einsatz neuer Informations- und Organisationstechnologien wird tendenziell eine systemische, wenn auch nicht notwendig geplante oder systematische, auf alle Teilprozesse wirkende Rationalisierung des Gesamtbetriebes möglich.
- o Rationalisierung reicht über die Grenzen des rationalisierenden Betriebes hinaus und bezieht die außerbetrieblichen Liefer-, Bearbeitungs- und Verteilungsprozesse strategisch ein, die mit Hilfe der Informationstechnik unmittelbar technisch-organisatorisch mit innerbetrieblichen Arbeitsabläufen verknüpft werden können. Sie verändert die zwischenbetriebliche Arbeitsteilung und die bislang vorrangig durch Markt und Konkurrenz geprägte Beziehung zwischen den Betrieben. Damit wird das Verhältnis der Betriebe zu ihren Beschaffungs- und Absatzmärkten selbst zum Ansatzpunkt technisch-organisatorischer Rationalisierung.
- o Ziel systemischer Rationalisierung ist, den auf der Grundlage herkömmlicher Technik und Organisation unbewältigbaren Zielkonflikt zwischen Flexibilität aufgrund veränderter Marktanforderungen einerseits und kostengünstiger Produktion und Verwaltung angesichts verschärfter Konkurrenz andererseits mit

Hilfe neuer Organisations- und Steuerungstechniken tendenziell einer optimierten Lösung zuzuführen. Damit stützt sich Rationalisierung nicht mehr zentral auf das "elastische Potential" menschlicher Arbeitskraft und auf die Ökonomisierung durch Personaleinsparungen, sondern auf die flexiblen Möglichkeiten von Technik, durch computergestützte Steuerung und datentechnische Vernetzung der verschiedenen Betriebsprozesse die Produktivität und Rentabilität des gesamten betrieblichen Produktionssystems zu steigern und die Kapitalbindung im System zu reduzieren.

Eine umfassende und entsprechend differenzierte Untersuchung dieser Entwicklung (wie sie exemplarisch für die Möbelindustrie durchgeführt wurde) war im Untersuchungsfeld Werkzeugmaschinenbau jedoch wegen der hohen Komplexität des Technikmarktes und der Vielfalt unterschiedlicher Einsatzfelder von Zuführungs- und Beschickungstechniken im Rahmen der Projektmittel kaum möglich, zumal dieser Sektor im Verlauf des Untersuchungszeitraums von rasanten Entwicklungen betroffen war, und auch die jeweiligen Hersteller-Anwender-Beziehungen in erhebliche Bewegung geraten waren; insbesondere konnte die Analyse der jeweiligen betrieblichen Problemlagen und der darauf bezogenen (neuen) Rationalisierungsstrategien der Anwenderbetriebe angesichts des eingegrenzten Untersuchungsbereichs und in dem vorgegebenen Umfang nicht Aufgabe unserer Untersuchung im Werkzeugmaschinenbau sein.

Auf der anderen Seite machte diese Feldproblematik dennoch die Berücksichtigung einzelner über die eingegrenzte Fragestellung hinausreichender Bestimmungsgrößen notwendig. Eine Ausweitung der Erhebungen und der Analyse war vor allem notwendig, weil die ursprünglich anvisierte Zuordnung der Hersteller-Anwender-Identität zum Werkzeugmaschinenbau als einem in diesem Untersuchungsfeld schwergewichtig anzutreffenden Strukturtyp von Hersteller-Anwender-Beziehung der dort vorfindbaren strukturellen Differenziertheit nicht gerecht geworden wäre und deshalb nicht aufrechterhalten werden konnte (Deiß u.a. 1983). Von daher waren die unterschiedlichen Beziehungen zwischen Herstellern und Anwendern auf dem sich wandelnden Technikmarkt ebenso zu bestimmen, wie die im Kontext der Werkstückhandhabung relevanten anderen Technikentwicklungen (etwa auf dem Maschinensektor) mitzuerfassen waren.

(3) Für die empirischen Erhebungen in diesem Untersuchungsfeld war die Analyse der verschiedenen Automatisierungstendenzen in der **Beschickung, Zuführung und Handhabung von Werkstücken** an spanenden

Werkzeugmaschinen auftragsgemäß forschungsleitend. Wir versuchten jedoch, den Einsatz bestimmter Zuführ- und Beschickungsformen als Teilobjekt betrieblicher Rationalisierungs- und Flexibilisierungsstrategien und damit als **integralen Bestandteil** unterschiedlicher technischer Entwicklungspfade flexibler Automation zu fassen; dies erforderte, die über das enge Feld der Handhabungseinrichtungen hinausreichenden relevanten Entwicklungszusammenhänge mitzuberücksichtigen, ohne auf die Gesamtheit der Rationalisierungsprozesse bei den Herstellern und Anwendern von Fertigungstechniken gesondert eingehen zu können. So wurde es notwendig, die Analyse vor allem auch auf die Entwicklung des gesamten betrieblichen Werkstückdurchlaufs und dessen technisch-organisatorische Struktur auszuweiten. Ferner waren die Aspekte der verkettungs- und informationstechnischen Integration betrieblicher Teilprozesse einzubeziehen, soweit sie in Zusammenhang mit veränderten Beschickungs- und Zuführtechniken von Bedeutung waren bzw. dadurch beeinflusst wurden. Schließlich war hierauf bezogen auch die sich wandelnde und zunehmend komplexere Struktur der Hersteller- und Anwender-Beziehungen durch breitere Primär- und Sekundärerhebungen und intensivere Analysen zu bestimmen.

(4) Grundlagen für die Entwicklungen unterschiedlicher Beschickungstechniken waren die generellen Anforderungen der Anwender an flexibel automatisierte Techniken, die in diesem Zusammenhang relevanten Probleme der Werkzeugmaschinenbaubetriebe als Hersteller (und partieller Anwender) von Fertigungstechniken und Handhabungseinrichtungen sowie ihre jeweiligen Reaktionen darauf. Innerhalb der vorwiegend **produktpolitisch orientierten Strategien** dieser Betriebe war jedoch von entscheidender Bedeutung, welchen Stellenwert die Automatisierung und Flexibilisierung der Werkstückzuführung und -beschickung grundsätzlich innerhalb unterschiedlicher fertigungstechnischer Entwicklungen wie auch als separate Techniklinie (in ihrem Verhältnis zu diesen) besaß, und welche absatzpolitische und produktpolitische Bedeutung die Hersteller dieser Techniklinie jeweils bei der Neuentwicklung von Fertigungstechniken beimaßen. Hierdurch wurden die jeweilige Gestalt und die Einsatzfelder unterschiedlicher Zuführ- und Beschickungstechniken wesentlich beeinflusst.

Wir untersuchen die Entwicklung und Verbreitung von Handhabungsalternativen daher weniger aus der Rationalisierungsperspektive der An-

wender. Vielmehr wird - eher im Sinne einer Betrachtung der **Technikgenese** - ausgehend von der Herstellerperspektive versucht, unterschiedliche Möglichkeiten der Beschickungsautomatisierung auf ihre Ausgangsbedingungen und Besonderheiten im Kontext genereller Automatisierungstendenzen zu analysieren, Ursachen für ihre unterschiedliche Durchsetzung und Verbreitung aufzudecken und die dabei zur Geltung kommenden spezifischen, durch die Rationalisierungsstrategien der Anwender geprägten Anforderungen auf ihre Bedeutung hin einzuschätzen. Dabei erleichterte es die zeitlich erheblich versetzte Durchführung der empirischen Erhebungen (1982 und 1987), die Durchsetzung **unterschiedlicher Formen der Beschickungsautomatisierung** - trotz der komplexen und dynamischen Entwicklungen auf diesem Techniksektor - durch einen Vergleich zwischen Anlaufphase und Konsolidierungsphase relativ eindeutig zu bestimmen und darzustellen.

(5) Als ausschlaggebend erwies sich in diesem Zusammenhang die Dimension des **Anwendungsbezugs** neuer automatisierter Beschickungstechniken: Im Zuge der veränderten, gesamtbetrieblich und teilprozeßübergreifend ausgerichteten Rationalisierungsstrategien der Anwender hatte sich der bisherige Anwendungsbezug von Fertigungstechniken entscheidend **gewandelt**. Konzentrierte sich dieser bislang vorrangig auf arbeitsplatzbezogen und verfahrenstechnisch begrenzte Anforderungen des Maschinenzuschnitts, so richtete er sich nunmehr immer stärker auch oder vorrangig auf die Verknüpfung von einzelnen Fertigungsfunktionen, auf eine am betrieblichen Gesamtprozeß orientierte Integration von Fertigungsabläufen und auf das optimierte Ineinandergreifen verschiedener technischer und organisatorischer Abläufe mit Hilfe informationstechnischer Komponenten und Systeme. Einerseits konnten die Hersteller von Fertigungstechniken hierauf bezogen jedoch zunächst - und auch bislang nur in Grenzen - weder eine ausreichende Anwendungsorientierung entwickeln, noch die für ihre produkttechnische Umsetzung erforderlichen Voraussetzungen (wie qualifikatorische Kompetenzen, neue organisierte Strukturen der Produktentwicklung, der Anlagenprojektierung usw.) herstellen; insbesondere mangelte es auch an der Fähigkeit, die jeweils zur Flexibilisierung und Automatisierung der Produktionsmittel eingesetzten bzw. einsetzbaren neuen Organisations- und Steuerungstechniken in Abstimmung auf die neuen Anwenderbedürfnisse zu entwickeln, zu gestalten und zu beherrschen.

Andererseits hatte ein fehlender oder unzureichender Anwendungsbezug neuer Fertigungstechniken für die Anwender zur Folge, daß diese mit Hilfe solcher Techniken ihre auf Systemflexibilität und Gesamtwirtschaftlichkeit abzielenden neuen Rationalisierungsstrategien nicht oder nur suboptimal - unter Hinnahme zum Teil erheblicher Friktionen und Einschränkungen hinsichtlich Produktivität und Nutzung von Arbeitskraft - realisieren konnten.

Gerade in Zusammenhang mit der Beschickungsautomatisierung spielte der neue Anwendungsbezug von Fertigungstechniken eine zentrale Rolle, stellte die Werkstückbeschickung doch per se ein integratives Moment dar, dessen Technisierung - abgesehen vom separaten Einsatz solcher Techniken - schon grundsätzlich neuartige Anforderungen an die (systemische) Verknüpfung mit den vor- und nachgelagerten Bearbeitungs- und Transportabläufen bewirkte.

(6) Dieser neue Anwendungsbezug ist aber auch eine wichtige Erklärungskategorie für die **Auswirkungen** des Einsatzes neuer Beschickungs- und Handhabungstechniken **auf die Beschäftigten**. Nicht die Techniken der flexiblen Automatisierung sind es, die für sich bestimmte positive oder negative Auswirkungen mit sich bringen: Es ist ihre Abstimmung oder Nichtabstimmung auf die konkreten Gegebenheiten und Erfordernisse der Anwenderbetriebe, auf deren gesamtbetriebliche Abläufe und auf deren Fähigkeit, die dafür notwendigen Funktionsvoraussetzungen (z.B. datentechnische Verknüpfbarkeit, Werkstückbereitstellung, Qualifizierungsmaßnahmen etc.) schaffen zu können, was über Art und Ausmaß etwaiger Beschäftigungs- oder Qualifikationseffekte entscheidet; und es ist die jeweilige arbeitspolitische Zielsetzung der Anwender, die unter Nutzung der in den neuen Beschickungstechniken angelegten Automatisierungs- und Integrationspotentiale in Zusammenhang mit anderen Automatisierungstechniken (etwa des Werkstücktransports, der Komplettbearbeitung, der Verknüpfung mit Systemen der Produktionssteuerung usw.) spezifische Auswirkungen für die Beschäftigten, etwa des Qualifikationserhalts, aber auch neuer arbeitsteiliger Strukturen, mit sich bringt. Entsprechend versuchen wir, die unmittelbaren Folgen des Einsatzes alternativer Beschickungstechniken ebenso wie jene Auswirkungen darzustellen, die sich aus deren Zusammenwirken mit dem Einsatz anderer Automatisierungstechniken indirekt ergeben können bzw. unter bestimmten betrieblichen Voraussetzungen bereits abzeichnen. Wir konzentrieren uns dabei auf die in

diesem Zusammenhang bedeutsamsten Aspekte: Beschäftigung, Entwicklung von Qualifikation und Arbeitsorganisation.

(7) In dem Bestreben der Hersteller von Fertigungstechniken, die neuen Anforderungen flexibler Automation bewältigen und den Ansprüchen der Anwender besser gerecht werden zu können, bildeten sich auch neue Formen der **Hersteller-Anwender-Beziehungen** heraus, die in Abhebung von den bisherigen Strukturen des Technikmarktes Grundlagen für eine umfassendere Entwicklung und Implementation systemtechnischer Fertigungslösungen schaffen. Diese neuen Formen der Hersteller-Anwender-Beziehung - ebenso wie auch einzelne integrativ orientierte Maßnahmen der Hersteller zur Veränderung ihrer eigenen organisatorischen und technischen Strukturen - sind gleichzeitig als **Implikationen der neuen systemischen Rationalisierungsstrategien der Anwender** zu begreifen: Es kommt in Ansätzen zu einer **veränderten zwischenbetrieblichen Arbeitsteilung auf dem Technikmarkt** hinsichtlich der Planung und Beherrschung von Fertigungsprozessen und zu ersten **Formen zwischenbetrieblicher Vernetzung zwischen Herstellern und Anwendern**.

Da die Projektierung und der Einsatz automatisierter Beschickungstechniken eben vielfach "nur" einen Teil von umfassenden Systemlösungen darstellen, die von den Werkzeugmaschinenherstellern wie von den Produzenten von Handhabungs- und Transporttechniken in mehr oder weniger kooperativer Abstimmung mit den Anwendern projektiert und installiert werden, sind unsere Ergebnisse hierzu eher von genereller Bedeutung. Ziel war es dabei, die spezifischen Momente dieser neuen Formen des Hersteller-Anwender-Verhältnisses herauszuarbeiten und die darin angelegten Chancen und Risiken für die Berücksichtigung konkreter anwendungsbezogener und diffusionsrelevanter Anforderungen zu bestimmen, Aspekte, die auch für die Vermeidung oder Steuerung bestimmter Auswirkungen für die Beschäftigten von Bedeutung sein können.

(8) Trotz der projektspezifischen Eingrenzung von Untersuchungsfeld und -gegenstand gingen wir also davon aus, daß dem Bereich des Werkzeugmaschinenbaus und der Beschickungsautomatisierung **exemplarische** Bedeutung für den zukünftigen Technikeinsatz und die Arbeitssituation zukommt, wie sie sich im Rahmen der flexiblen Automatisierung in anderen Bereichen der Klein- und Mittelserienfertigung herausbilden dürften. So war der Werkzeugmaschinenbau, obwohl er eine vergleichsweise kleine

Branche darstellt, sowohl als Hersteller wie als Anwender verschiedenster Fertigungstechniken gravierend von den Entwicklungen der flexiblen Automation betroffen; in seinen Techniklösungen schlugen sich unterschiedlichste, wenn auch oft dominante, Anwendungsmuster aus verschiedenen Einsatzfeldern ebenso nieder wie Vorstellungen und Erfahrungen darüber, wie sich die sukzessive verändernden Anforderungen des Absatzmarktes im Rahmen einer verstärkt zu kleineren Serien tendierenden Entwicklung technisch-organisatorisch effektiv bewältigen lassen. Aber auch im Hinblick auf den Wandel im Verhältnis zwischen Herstellern und Anwendern war der Werkzeugmaschinenbau in gleicher Weise wie andere Hersteller von Fertigungstechniken von der Komplexität systemtechnischer Fertigungslösungen betroffen, so daß unsere Befunde auch in dieser Hinsicht branchenübergreifend generalisierende Hinweise zulassen.

Grundsätzlich zielte die vorliegende Untersuchung jedoch weder auf eine umfassende und detaillierte Erfassung der Auswirkungen auf die Beschäftigten, noch auf die breite und differenzierte Analyse unterschiedlichster Hersteller-Anwender-Beziehungen beim Einsatz neuer Beschickungstechniken im Werkzeugmaschinenbau. Unter Bezug auf eher generelle Befunde hierzu war unsere vorrangige Zielsetzung vielmehr, im Prozeß und in den Alternativen der Technikdurchsetzung, also im Einsatz der Beschickungstechniken selbst und in den darin enthaltenen Potentialen ebenso wie in unterschiedlichen und sich neu herauskristallisierenden Formen des Hersteller-Anwender-Verhältnisses, neue oder veränderte **forschungs- und förderpolitische Ansatzpunkte** zu identifizieren. Dabei bestätigte sich nicht nur generell das Erfordernis, daß eine unter dem Gesichtspunkt einer innovativen und vorbeugenden Gestaltung von Arbeit und Technik betriebene Förderpolitik sich verstärkt und "strategisch" auf die entscheidenden marktmäßigen und institutionellen Einflußgrößen ausrichten und auf bestimmte Wirkungsmechanismen stützen muß, wie sie im Prozeß der Durchsetzung neuer Techniken zum Tragen kommen, daß sie dies aber nur kann, wenn sie ausreichende Transparenz über diese Zusammenhänge herstellt. Deutlich wurde vor allem aber auch, daß sich wirksame Forschungs- und Förderpolitik dabei auf die unterschiedlichen Formen des Hersteller-Anwender-Verhältnisses beziehen muß, wenn sie auf die in der Technikgenese entscheidende Phase der Herstellung des notwendigen (oder unzureichenden) Anwendungsbezugs neuer Techniken und auf die darin möglicherweise vorgezeichneten Effekte für Innovation

und für die Arbeitsbedingungen in den Anwenderbetrieben Einfluß nehmen will.

(9) In ihrem **empirischen Vorgehen** konzentrierte sich die Untersuchung auf den Werkzeugmaschinenbau und auf ausgewählte Bereiche des Einsatzes von Beschickungstechniken im übrigen Maschinenbau, aber auch in der metallverarbeitenden Industrie. Als empirische Instrumente dienten primär Fallstudien, bei denen Materialerhebungen und Expertenbefragungen in den jeweils einschlägig befaßten Abteilungen der untersuchten Hersteller- und Anwenderbetriebe durchgeführt wurden. Es handelte sich hier einerseits um Hersteller von Werkzeugmaschinen, Industrierobotern und Beschickungsanlagen sowie von Transporttechniken, andererseits um Betriebe des Werkzeugmaschinenbaus, die gleichzeitig auch als Anwender eigener und fremder Fertigungstechniken empirisches Objekt waren, sowie um verschiedene Anwender außerhalb des Werkzeugmaschinenbaus. Einbezogen waren dabei auf der Herstellerseite jeweils die Abteilungen der Produktentwicklung, des Produktmanagements und des Verkaufs, auf der Anwenderseite die Maschinenbeschaffung und die technischen Dienste, die für die Umstellungsmaßnahmen zuständigen Bereiche (Betriebsleitung, Projektleitung usw.), Abteilungsleiter aus der Werkstatt sowie Vertreter des Betriebsrats. Insgesamt wurden in 14 Betrieben Erhebungen durchgeführt, wobei die erste Phase 1982 stattfand, während die zweite, umfangreichere Erhebungsphase 1987, z. T. in den gleichen Betrieben, abgewickelt wurde.

Darüber hinaus wurden sekundär fragestellungsrelevante Befunde aus anderen Untersuchungen des ISF München im Bereich des Maschinenbaus ausgewertet und die Ergebnisse in die Analyse miteinbezogen.¹

Schließlich fanden zahlreiche Expertengespräche mit Wissenschaftlern, bei Fachverbänden und Gewerkschaften statt, und es wurden themenbezogene Fachtagungen und Messen besucht, auf denen unsere Befunde mit Experten erörtert bzw. aktualisiert werden konnten.

1 So insbesondere aus dem Forschungsprojekt "Integrativer Einsatz rechnergestützter Technik und Qualifikationsstruktur in der mechanischen Fertigung - Voraussetzungen und Ansätze zur Qualifikationssicherung in der Werkstatt" (vgl. dazu Hirsch-Kreinsen u.a. 1990).

Die Studie war, wie bereits erwähnt, Bestandteil eines größeren Forschungsprojekts, in dessen Mittelpunkt - unter den selben Fragestellungen - umfangreiche empirische Untersuchungen in der Möbelindustrie standen.

(10) Der folgende, die Ergebnisse der Studie in **geraffter** Form darstellende **Bericht** beginnt mit einer Schilderung der wirtschaftlich schwierigen **Situation** des Werkzeugmaschinenbaus und seiner entscheidenden Probleme zu Beginn der Studie und zeigt in diesem Kapitel II die - angesichts der Komplexität des Werkzeugmaschinenmarktes - von den Herstellern von Fertigungstechniken ergriffenen **produktstrategischen Reaktionen** auf. In Kapitel III werden dann die in dieser Ausgangssituation vorfindbaren technischen **Möglichkeiten automatisierter Werkstückhandhabung** skizziert und dargelegt, welche dieser Alternativen sich schließlich bezogen auf bestimmte Einsatzfelder durchgesetzt haben; dabei versuchen wir insbesondere, die Hintergründe und die Einflußfaktoren für die Entwicklung und das relative Scheitern des **Industrierobotereinsatzes** im spanenden Bereich der Kleinserienfertigung aufzuzeigen. Daran anschließend wird auf einige für die Werkstückhandhabung bedeutsame aktuelle Entwicklungslinien hingewiesen. Kapitel IV enthält eine kurze Darstellung der mit dem Einsatz von automatisierten Beschickungstechniken verbundenen bzw. sich abzeichnenden **Auswirkungen für die Arbeitskräfte**, wobei wir uns auf Beschäftigung, Arbeitsorganisation und Qualifikation konzentrieren. Die im Zuge der Entwicklung einer flexiblen Automatisierung von Beschickungs- und generell von Fertigungsabläufen erfolgten Veränderungen auf dem Technikmarkt und im **Verhältnis zwischen Herstellern und Anwendern** werden in Kapitel V dargelegt und auf ihre für die Gestaltung von Arbeitsbedingungen relevanten Implikationen untersucht. In einem abschließenden Kapitel VI wird dann versucht, **Ansatzpunkte für arbeits- und gestaltungspolitische Maßnahmen** hinsichtlich beschickungsbezogener Rationalisierungsvorhaben ebenso aufzuzeigen wie generelle Hinweise für eine zukunftsorientierte Forschungs- und Förderpolitik im Bereich von Arbeit und Technik zu geben, die auf die Entwicklung von Fertigungstechniken im Kontext veränderter Hersteller-Anwender-Beziehungen Einfluß nehmen will.

II. Die Wirtschaftskrise als Ausgangspunkt: Anforderungen zur Flexibilisierung und Automatisierung im Werkzeugmaschinenbau

Situation und Struktur des Werkzeugmaschinenbaus unterschieden sich zu Beginn der Studie im Vergleich zu heute ganz wesentlich, was die technologischen Entwicklungsprozesse im Bereich der spanenden (und anderen) Werkzeugmaschinen entscheidend beeinflusst hat. Ausgehend von der damaligen Lage, den Problemen und den strukturellen Bedingungen des Werkzeugmaschinenbaus bzw. der Hersteller von Handhabungseinrichtungen soll daher zunächst gezeigt werden, auf welche Weise und insbesondere mit welchen produktpolitischen Linien die Produzenten von Fertigungstechniken strategisch (re)agierten.

(1) Der Werkzeugmaschinenbau gilt traditionell als Herzstück des Maschinenbaus und stellte bis Anfang der 80er Jahre mit knapp 10 % des gesamten Produktionswertes die größte Teilbranche dieses Bereichs dar, der wiederum die Position der größten Wirtschaftsgruppe im gesamten Verarbeitenden Gewerbe einnahm. Er ist Lieferant der technischen Produktionsmittel für die anderen industriellen Branchen und besitzt damit über die Fortschrittlichkeit und Leistungsfähigkeit seiner Produkte eine Schlüsselfunktion für die wirtschaftliche Entwicklung und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der gesamten bundesdeutschen Industrie.¹

Zu Beginn der Studie befand sich der Werkzeugmaschinenbau in einer massiven - zunächst konjunkturell induzierten - **Krise**, die im Verlauf der 70er Jahre begonnen und sich verstärkt bis Mitte der 80er Jahre fortgesetzt hatte. Sein Anteil an der Gesamtproduktion des Maschinenbaus war zwischen 1970 und 1985 um fast ein Fünftel gesunken. Auch die Zahl der Beschäftigten war bis Ende der 70er Jahre um ein Sechstel auf knapp unter 100.000 gesunken und bis 1984 weiter auf ca. 83.000 zurückgegangen (Quelle: Statistiken des Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW)). Mit dieser Entwicklung ging eine allgemeine Insolvenzwelle ein-

1 Zur wirtschaftlichen Situation und Struktur des Werkzeugmaschinenbaus und des Maschinenbaus generell vgl. insbesondere Hirsch-Kreinsen 1984; Manske, Wobbe-Ohlenburg 1984; Kern, Schumann 1984.

her, der auch zahlreiche alteingesessene Maschinenbaubetriebe zum Opfer fielen.

Ausmaß und Dauer der negativen Branchenentwicklung ließen vermuten, daß diese nicht allein die Folge verringerten Wachstums und konjunktureller Abschwungphasen sein konnte. Vielmehr schien die Branche grundsätzlich durch längerfristige Tendenzen auf der Produktebene (veränderte Kundenanforderungen), im Fertigungsbereich (enge Rationalisierungsspielräume) wie auf internationaler Ebene (tendenzielles Wegbrechen der Märkte für Standardmaschinen als Folge der Spezialisierung auf qualitativ hochwertige Maschinen) beeinträchtigt zu sein. Verschiedenste Analysen kamen zum Ergebnis, daß der deutsche Werkzeugmaschinenbau im Vergleich zur internationalen, vor allem japanischen, Konkurrenz technologisch ins Hintertreffen geraten sei,² insbesondere daß seine Produkte den Ansprüchen an technologische Flexibilität nicht genügen würden.³ Vereinzelt wurden sogar Befürchtungen geäußert, wonach die deutschen Werkzeugmaschinenbauer einer "sterbenden" bzw. "gestrigen" Industrie angehörten.⁴

Mit diesen Einschätzungen ist in etwa die Stimmungslage gekennzeichnet, die damals die politische und wissenschaftliche Fachwelt vergleichsweise lange beherrschte, zumal die Investitionsneigung vieler Abnehmer von

-
- 2 Vgl. hierzu entsprechende Daten zum Einsatz von Industrierobotern bzw. von NC-Steuerungen bei Werkzeugmaschinen bei BMFT 1982 bzw. bei Zörgiebel 1983 sowie einschlägige Statistiken der Fachabteilung Montage- und Handhabungstechnik bzw. Fachgemeinschaft Montage-Handhabung-Industrieroboter (MHI) im VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.) sowie des VDW. Symptomatisch dafür waren auch verzerrte Zahlenvergleiche zum Einsatz von Industrierobotern, die auf unterschiedlichen Definitionen zwischen Deutschland bzw. Europa und Japan basierten (vgl. hierzu Müller 1986, S. 511).
 - 3 Vgl. etwa den Beitrag in NC-Fertigung 1984b, S. 50. Die dort zitierte Branchenstudie geht sogar noch für 1983/84 davon aus, daß die deutschen Werkzeugmaschinenhersteller im Vergleich zu den Japanern weiter an Boden verloren hatten, zu einem Zeitpunkt also, als bereits zahlreiche technologische Initiativen in Gang gesetzt worden waren und man von einem (nicht zuletzt dank einer umfangreichen Förderpolitik - s.u.) spürbaren Innovationsschub sprechen konnte. Ähnliche Einschätzungen für den Handhabungsbereich finden sich in NC-Fertigung 1984a.
 - 4 Vgl. exemplarisch dazu Leibinger 1986, S. 95f., sowie bei Braczyk, Weber 1988, S. 24f.

Werkzeugmaschinen über lange Zeit relativ zurückhaltend blieb. Von daher wurden von verschiedenen Seiten vielfältige Aktivitäten ergriffen, um die Ursachen dieser "**technologischen Lücke**" aufzuspüren sowie Ansatzpunkte und Konzepte zu ihrer Überwindung zu identifizieren bzw. zu entwickeln. Dazu gehörten auch umfangreiche staatliche Förderprogramme, umfassende Branchenuntersuchungen sowie forcierte Bestrebungen der Werkzeugmaschinenhersteller selbst, spezifische Technikentwicklungen voranzutreiben.⁵

(2) Vor diesem Hintergrund war der Werkzeugmaschinenbau vor allem mit zwei **Problemen** konfrontiert:

- o mit Anforderungen der Flexibilisierung - bzw. entsprechender Rationalisierungsstrategien seiner Kunden - von Werkzeugmaschinen und Fertigungstechniken;
- o mit zunehmendem Kostendruck durch (internationale) Konkurrenz bei gleichzeitig engen Rationalisierungsspielräumen.

Die Hauptabnehmer von Werkzeugmaschinen, vor allem aus dem Fahrzeugbau und dessen Zulieferindustrie sowie aus anderen Sparten des Maschinenbaus, konfrontierten die Werkzeugmaschinenbauer mit Forderungen nach neuen und produktspezifischen Fertigungstechniken, die sich schlagwortartig mit dem Begriff der "flexiblen Automation" umreißen lassen; ein Begriff, der in den 70er Jahren bereits in Zusammenhang mit Überlegungen zu eher umfassenden Umstellungskonzepten wie etwa flexibel verketteten Fertigungssystemen verwendet wurde.⁶ Hierin kamen die sich verändernden, inzwischen wohlbekannten Anforderungen zum Ausdruck, denen die Anwender solcher Techniken selbst auf ihren eigenen

5 Verwiesen sei insbesondere auf das Förderprogramm "Fertigungstechnik", auf zahlreiche Projekte im Rahmen des Programms "Humanisierung des Arbeitslebens", auf die bereits erwähnte verbandsinterne VDW-Studie zur Wettbewerbssituation des deutschen Werkzeugmaschinenbaus im Vergleich insbesondere zu Japan (vgl. dazu den Bericht in NC-Fertigung 1984b, S. 50f., sowie verschiedene weitere umfangreiche staatliche Förderprogramme auf Bundes- und Länderebene; vgl. hierzu exemplarisch zum Umfang auf Bundesebene in bezug auf die Förderung der Roboterforschung Roboter 1985, S. 14f.).

6 Vgl. zur Diskussion über die Aspekte flexibler Automation insbesondere Brödnert 1981 und darin die Beiträge von Vettin und Remp.

Absatzmärkten zunehmend ausgesetzt waren: Erhöhung der Variantenvielfalt bei häufigem Typenwechsel, Ausweitung der Produktprogramme bis hin zur Lieferung kundenauftragsorientierter Produkte, Reduzierung der Produktlebenszyklen usw. Zu deren Bewältigung reichten die bisherigen, eher starren Fertigungsanlagen und herkömmliche technisch organisatorische Veränderungen ebenso wie Maßnahmen der Arbeitsorganisation oder der partiellen Auslagerung der Teilefertigung auf Dauer nicht aus. Flexiblere Strukturen und vor allem der Einsatz flexiblerer Techniken schienen vielmehr notwendig zu sein, um eine schnellere **und** wirtschaftliche Bearbeitung von Werkstücken, eine Verkürzung der Gesamtdurchlaufzeiten (zur Kostensenkung hinsichtlich Lagerhaltung und Kapitalbindung) oder gar eine Teilefertigung zu erreichen, die eine möglichst flexible Montage erlaubt. Während diese - inzwischen verbreiteten - Anforderungen Anfang der 80er Jahre insbesondere auf technologischen und fertigungswissenschaftlichen Tagungen am Beispiel avancierter Technikentwicklungen umfassend vorgestellt und diskutiert wurden, kamen sie auf die Hersteller von Fertigungstechniken eher in alltäglichen und schrittweise sich entfaltenden Anfragen ihrer Kunden zu.

Hinter diesem ersten Hauptproblem, der Forderung nach flexibel automatisierten Fertigungstechniken, mit denen solche Ziele sukzessive erreicht werden sollten, zeichnete sich aber auch bereits **eine neue Stoßrichtung von Rationalisierung** ab, mit der die Abnehmer von Werkzeugmaschinen und Fertigungsanlagen versuchten, die Probleme auf ihren eigenen Absatzmärkten in den Griff zu bekommen: Generell zielen ihre neuen Rationalisierungsstrategien darauf ab, ihre eher auf Großserien ausgerichteten Fertigungsstrukturen durch neue Techniken flexibler und gleichzeitig durch Automatisierung wirtschaftlich zu gestalten, bislang getrennt verlaufende Bearbeitungsvorgänge und Fertigungslinien auf technologischer Basis schrittweise zu verknüpfen und tendenziell durch **gesamtbetrieblich orientierte** Rationalisierungsmaßnahmen die Fertigungsabläufe kostenstellen- und abteilungsübergreifend zu optimieren; Rationalisierungsstrategien also, deren grundsätzlich **systemischer Charakter** und in der Tendenz **integrative Orientierung** zunächst fertigungsbezogen in den Vorstellungen flexibel automatisierter Fertigungssysteme ihren Ausdruck fanden und sich gegenwärtig in den Überlegungen zu Formen der computerintegrierten Fertigung (CIM) manifestieren.

Die Flexibilisierungsprobleme der Kunden schlugen damit also unmittelbar auf den Werkzeugmaschinenbau in Form von **Anforderungen nach flexibler Automation** durch. Die allmählich zunehmende Nachfrage nach solchen neuen Techniken, eine wachsende Produktkonkurrenz hinsichtlich der Erfüllung entsprechender Abnehmeranforderungen und die konkret ungünstige wirtschaftliche Situation erzeugten damit einen **Innovationsdruck**, auf den der Werkzeugmaschinenbau zwingend reagieren mußte. Dabei wurden diese Produktanforderungen zunächst - und dies ist zu unterstreichen - vorwiegend durch die Hauptabnehmer von Werkzeugmaschinen (wie etwa der Automobilindustrie) geprägt.

Das zweite Hauptproblem war, daß die Werkzeugmaschinenbetriebe selbst kaum geeignete Voraussetzungen aufwiesen, um auf diese veränderten Anforderungen auf ihren Absatzmärkten kurzfristig und flexibel reagieren zu können, zumal sie damit in einer ohnehin ungünstigen wirtschaftlichen Phase konfrontiert waren. Trotz des zunehmenden **Rationalisierungsdilemmas** (Notwendigkeit komplexer Fertigung bei Kleinstserien versus hohem Kostendruck infolge hoher Arbeitsintensität und geringer Technikauslastung bei zunehmender Konkurrenz) entwickelten sie selbst zunächst kaum ein unmittelbares Interesse an flexiblen Techniken für die eigene Fertigung (vgl. Manske, Wobbe-Ohlenburg 1984, S. 31f.). Im Vordergrund ihrer Aktivitäten hinsichtlich flexibler Automatisierung standen daher aus verschiedenen Gründen (z.B. wegen der Tendenz zu mehr Spezialisierung und Serviceleistungen, wegen ungünstiger Kostenstrukturen und geringem Eigenkapital etc.) entweder grundlagenorientierte oder durch die Anwendungsinteressen der Groß- und Mittelserienfertiger geprägte Technikentwicklungen. Um die damit verbundenen, tendenziell wechselnden und spezifischeren Anforderungen ihrer Kunden aus dem Fahrzeug- und Maschinenbau zu bewältigen, reichte zu jener Zeit für die meisten Werkzeugmaschinenbauer und deren Produktpaletten - noch, wenn auch unter zunehmenden Kostenproblemen - die vorhandene eigene verfahrenstechnische und qualifikatorische Flexibilität aus: eine Flexibilität, die durch den zunehmenden Einsatz einfacher, isoliert aufgestellter NC-Maschinen und einen hohen Anteil an hochqualifizierten Facharbeitern verkörpert wurde. Das "Flexibilitätsproblem" des Werkzeugmaschinenbaus selbst stellte sich daher angesichts der vorwiegend in Einzel- und Kleinserien fertigenden Betriebe weniger als ein Problem inflexibler Fertigungsstrukturen, denn als wachsender **Kostendruck** bei ausreichender Flexibilität innerhalb der prekären Situation von Überkapazitäten, Absatz-

rückgang und zunehmender internationaler Konkurrenz dar. Diesem Problem versuchten viele Betriebe, zunächst durch die Hinnahme schlechterer Kosten-/Ertragsrelationen zu Lasten des ohnehin unterdurchschnittlichen Eigenkapitals und durch die Herstellung immer speziellerer und weitgehend maßgeschneiderter Produkte zu begegnen; dabei fanden auch allmähliche technisch-organisatorische Veränderungen im administrativen Bereich zur Verkürzung der Auftragsdurchlaufzeiten statt, während es zu keinen einschneidenden Veränderungen in der Fertigung selbst kam.⁷

Die Produkthanforderungen der Hauptabnehmer von Werkzeugmaschinen nach flexibler (und gleichzeitig kostensenkender) Automation bündelten sich mit den zunehmenden Kostenbelastungen für die Betriebe zu einem doppelten Problemdruck. Hierauf reagierten diese aber zunächst vorwiegend durch zunehmende Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten und ein primär auf die konkreten Anwenderinteressen von (Groß-)Serienfertigern ausgerichtetes, sukzessive ergänztes, auch bei einzelnen Flexibilitätsinnovationen den Kosteneinsparungseffekt favorisierendes Angebot schrittweise entwickelter technischer Neuerungen. (Hierfür steht exemplarisch die technische Entwicklungslinie der "Komplettbearbeitung", auf die weiter unten noch einzugehen ist.)

Veränderungserfordernisse aus dem Werkzeugmaschinenbau selbst bzw. aus der eigenen Fertigung blieben dabei, wenn auch vielfach mitbedacht, zunächst weitgehend unberücksichtigt; entsprechend erfolgten in der eigenen Fertigung nur schleppend, auch hinsichtlich der Einführung von NC-Maschinen, wenige technologische Veränderungen, was weitgehend auch den während der Laufzeit der Studie gemeinhin als veraltet eingeschätzten Maschinenpark in den meisten Werkzeugmaschinenbetrieben erklärt.

(3) Ergänzend sei hier noch auf die **Situation im Bereich der Zuführungs- und Beschickungseinrichtungen** als Teilbranche des Werkzeugmaschinenbaus zu Beginn der 80er Jahre eingegangen, die grosso modo mit den glei-

7 Darauf, daß der Einsatz flexibler Fertigungstechniken im Maschinenbau vorrangig nicht zur Flexibilisierung, sondern zur Kostenreduzierung erfolgte, verweisen auch Befunde aus einer Recherche über 278 Installationen flexibler Fertigungssysteme und Fertigungszellen in 144 Unternehmen der Bundesrepublik Deutschland 1985, die vor allem dort verwendet wurden, wo bislang äußerst flexibel, aber nicht produktiv gefertigt wurde (vgl. Fix-Sterz u.a. 1986).

chen Problemen bzw. Kundenanforderungen wie der Werkzeugmaschinenbau zu tun hatte.

Sieht man einmal von den Werkzeugmaschinenherstellern ab, die selbst Techniken zur Maschinenbeschickung produzieren und anbieten, so handelt es sich dabei vor allem um Hersteller von Peripherieeinrichtungen zum Handhaben, Bewegen, Transportieren und Lagern von Werkstücken, Materialien und Werkzeugen. Bezüglich der Werkstückhandhabung waren dies ursprünglich vorwiegend technisch einfachere Einrichtungen, die zu- meist sehr anwendungs- bzw. teilebezogen oder anlagenorientiert gefertigt waren und von daher, je nach funktionsbezogener Auslegung, äußerst vielfältige Ausprägungen erfahren konnten.

Solche Einrichtungen wurden in der Regel von den Maschinenherstellern oder von den Anwendern selbst über den Markt erworben und in eigener Regie mit Maschinen und anderen Fertigungseinrichtungen kombiniert und installiert. Ein sehr großer Teil dieser eher einfachen Einrichtungen war im Bereich der Großserienfertigung an einfachen Einzelmaschinen und Einzweck-Transferlinien eingesetzt. Die Einrichtungen wurden also in der Regel von den Herstellern ohne die zugehörige Maschine verkauft und weitgehend ohne zusätzliche Dienste (etwa bezüglich der Adaption an Anwendererfordernisse, der informationstechnischen Integration, der Mitarbeiterschulung usw.) geliefert.

Nur ansatzweise wurden damals komplexere Beschickungseinrichtungen entwickelt oder gar universelle Handhabungssysteme wie z.B. Industrieroboter auf den Markt gebracht. Bei den letzteren handelte es sich vorwiegend um Handhabungssysteme mit hoher Anwendungsbezogenheit.

Der Einsatz von Industrierobotern beschränkte sich Ende der 70er/Anfang der 80er Jahre zum größten Teil auf den Bereich der Werkzeughandhabung (Schweißen, Beschichten usw.) sowie auf ganz spezifische Felder der Werkstückhandhabung in der Großserienfertigung, insbesondere in der Automobilindustrie. Entsprechend beschäftigten sich trotz der vergleichsweise großen Zahl an Lieferanten von Handhabungs- und Beschickungseinrichtungen (als Folge der hohen Unterschiedlichkeit der Ge-

räte und Funktionen) damals noch relativ wenige Hersteller mit komplexen Anlagen der Montage- und Handhabungstechnik.⁸

(4) Die **Komplexität des Werkzeugmaschinenmarktes** läßt nun keine einfache Systematisierung der betrieblichen Reaktionen auf die oben skizzierten Probleme zu.

Die Branche war (vgl. Hirsch-Kreinsen 1984, S. 22) - und ist trotz einer deutlichen Konzentrationstendenz nach wie vor - hauptsächlich **klein- und mittelbetrieblich strukturiert**, was, obwohl historisch begründet, weitgehend durch die Spezialisierung auf bestimmte Anwendungen in zahlreichen und heterogenen Einsatzfeldern bedingt ist. Die damit ohnehin sehr komplexe und heterogene Betriebs- und Produktstruktur ist zudem durch eine **hohe Produktspezialisierung** auch in Hinsicht auf komplizierte Serienmaschinen, Spezial- und Sondermaschinen, also qualitativ anspruchsvolle Techniken mit vergleichsweise hoher Wertschöpfung, geprägt, während der nationale und internationale Markt für standardisierte Serienmaschinen sukzessive verlorengegangen war; strukturelle Momente, die auch für einen großen Teil des Maschinenbaus generell gelten und sich bis heute im großen und ganzen erhalten, in produktbezogener Hinsicht eher noch verstärkt haben.

Trotz dieser Produktspezialisierung war der Markt für Werkzeugmaschinen zunächst einmal - abgesehen vom Bereich der Sondermaschinen - weitgehend ein **Verkäufermarkt**. Die gekauften Produkte wurden von den Anwendern in der Regel selbst installiert, eingefahren und in die eigene Fertigung (hinsichtlich Peripherie usw.) adaptiert. Besondere Produktanforderungen der Anwender richteten sich vorwiegend auf begrenzte, weitgehend bestimmbare und kalkulierbare Aspekte der Maschinenleistungsfähigkeit, der Abmessungen und sonstiger technischer Standards (sowie vorrangig auf den in diesem Zusammenhang relevanten Preis). Es sind hauptsächlich diese Aspekte, auf die bezogen die Hersteller dann, in Ori-

8 So umfaßte die Fachgemeinschaft MHI beim VDMA 1981 erst 46 Hersteller (nach 30 Herstellern im Jahr 1976) sowohl von Handhabungs- als auch von Montage- und Transporteinrichtungen, was auch darauf verweist, daß die deutschen Hersteller vergleichsweise spät in die Industrieroboterproduktion eingestiegen sind, und diese Teilbranche zu jener Zeit ebenfalls stark von der Einschätzung technologischer Rückständigkeit betroffen war (Quelle: Statistiken der Fachgemeinschaft MHI).

entierung an einer standardisierten Produktpalette, sog. maßgeschneiderte Maschinen lieferten. Erst durch den sukzessiven Einsatz von NC- und CNC-gesteuerten Maschinen lösten sich diese Hersteller-Anwender-Strukturen⁹ immer mehr auf.

Technische Neuerungen orientierten sich dabei - abgesehen von öffentlich geförderten und/oder wissenschaftlich forcierten Entwicklungen - weitgehend an **kleinschrittigen Veränderungen bestehender Techniken**; sie waren hinsichtlich der genannten Aspekte anwendungsbezogen und unterlagen somit in der Regel dem Kriterium der Marktgängigkeit. Größere technologische Umstellungsmaßnahmen blieben im allgemeinen großen Anwenderbetrieben mit eigenen Entwicklungsstäben und erheblichen Ressourcen vorbehalten und wurden nicht am Markt angeboten.

Der Erfahrungshorizont der mit Fertigungstechniken befaßten Experten des Werkzeugmaschinenbaus bezog sich (auch nach der Einführung von NC- und CNC-gesteuerten Maschinen) vorrangig auf **verfahrens- und maschinenbautechnische Kenntnisse**; auf dieser Grundlage neigten sie zunächst oft noch dazu, eher standardisierte Anlagen für den Markt zu entwickeln bzw. dort nachzufragen oder Fertigungstechniken im Eigenbau herzustellen, als Lösungen anzustreben, die kompliziertes steuerungs- oder vernetzungstechnisches Wissen voraussetzten, eine dadurch komplexe Produktentwicklung erforderten und die Einschaltung entsprechender Experten oder (Steuerungs-)Hersteller notwendig machten.

(5) Charakteristisch für diesen Markt war ferner, daß die meisten Werkzeugmaschinenbauer auch angesichts der damaligen Problemsituation (zunächst) weiterhin eine **vorsichtige Produktpolitik** verfolgten. Elemente flexibler Automatisierung wurden nur in einzelnen und wenig spektakulären Schritten in die Produkte eingebaut. Dieses (vielfach übersehene) allmähliche Vorgehen des Werkzeugmaschinenbaus während einer - insbesondere durch den Automobilbau, durch wenige hochinnovative Außenseiter, durch einzelne spektakuläre Technikprojekte und nicht zuletzt durch die Entwicklungen in Japan in den vergangenen 10 bis 15 Jahren vorangebrachten - rasanten Entwicklung flexibler Fertigungstechniken korrespondierte mit den ebenfalls vorrangig nur sukzessive realisierten Rationalisie-

9 Vgl. zu solchen "indifferenten Beziehungen" zwischen Herstellern und Anwendern von Techniken bei Deiß u.a. 1983.

rungsmaßnahmen in den meisten Anwenderbetrieben; es konterkariert vor allem die Art und das Ausmaß sprunghafter Veränderungen, wie sie vor allem durch die in der Fachwelt vorgestellten und thematisierten Technikkonzepte suggeriert wurden.

Trotz dieses schrittweisen Vorgehens ergaben sich im Verlaufe fortschreitender Flexibilisierungs- und Ökonomisierungserfolge auch für die Werkzeugmaschinenhersteller absatz- und servicepolitische Weiterungen, denen sich viele Betriebe auf Dauer nicht entziehen konnten und die sich inzwischen in gravierenden Veränderungen in der Produktpolitik, in den Hersteller-Anwender-Beziehungen und in der generellen Struktur auch des Werkzeugmaschinenbaus niedergeschlagen haben. Hierauf ist weiter unten einzugehen.

Auch die **Technikflexibilisierung** selbst erhielt - obwohl ihre Zielsetzungen und Effekte im Verlauf der letzten zwei Dekaden immer ähnlich lauteten - im Verlauf dieser Zeit eine **andere Qualität**. Ebenso wie Fertigungsflexibilität vielfach für verschiedene Branchen, Produkt- und Fertigungsstrukturen und Zeiten etwas anderes bedeutet, so stellten sich die konkreten Flexibilisierungsanforderungen in der zweiten Hälfte der 70er Jahre (flexible Automation) anders als heute (CIM-Strukturen) dar, obwohl nach wie vor und in fast allen Branchen vom Trend zu größerer Typenvielfalt, zu kleineren Losgrößen, zu flexibleren Fertigungsabläufen die Rede ist. Zwar gingen und gehen alle entsprechenden Innovationsschritte in die gleiche Richtung einer stärkeren Flexibilisierung und Automatisierung der Produktions- und Verwaltungsprozesse, ihre wirklichen Effekte auf strukturelle Veränderungen in der Fertigung, auf **konkrete** Produktivität und Flexibilität und letztendlich auf die Arbeitsbedingungen sind jedoch nur unter Rekurs auf die je **spezifischen** Ausgangsbedingungen, Produkt- und Marktstrukturen und die darin angelegten Optionen (und Schranken) für eine weitergehende Automatisierung einzuschätzen.

(6) Diese Zusammenhänge sind - nicht allein wegen der skizzierten strukturellen Momente - im Bereich des Werkzeugmaschinenbaus **besonders komplex** und zudem **mehrdimensional** strukturiert: Zum einen ist ein Werkzeugmaschinenbaubetrieb zugleich Hersteller **und** Anwender von Fertigungstechniken; von daher können im gleichen Betrieb hinsichtlich der Planung und Gestaltung flexibler, automatisierter Techniken und deren Einsatz (funktions-, abteilungsbezogen) unterschiedliche, eventuell so-

gar entgegengesetzte Interessen bestehen und jeweils unterschiedliche Strategien und Ziele verfolgt werden. Zum anderen wird die Automatisierung spanender Werkzeugmaschinen sowohl durch die Produktpolitik der Werkzeugmaschinenbauer als auch durch die anderer Technikhersteller (von Peripherieeinrichtungen, von Beschickungs- und Transportkomponenten und von elektronischen Steuerungen) etwa hinsichtlich bestimmter Steuerungen und Schnittstellen bzw. Vernetzungsmöglichkeiten etc. geprägt. Entscheidend, möglicherweise dominant, ist schließlich der Einfluß der hoch differenzierten, produkt- und verfahrenstechnisch bedingten Gegebenheiten der verschiedenen (Haupt-)Abnehmerbetriebe. Diese extreme Markt- und Einsatzvielfalt gilt ganz besonders für den Bereich der spanenden Werkzeugmaschinen (vor allem der Fräs-, Bohr- und Drehmaschinen) und auch für den - in dieser Studie im Zentrum stehenden - Bereich der Handhabungseinrichtungen. Darüber hinaus sind, wie erwähnt, viele der Werkzeugmaschinenhersteller auch, ebenso wie eine große Zahl ihrer Kunden, weit eher als Betriebe in anderen Anwenderbranchen (etwa der Konsumgüterindustrie) in der Lage, Techniken für die eigene Fertigung zu entwickeln bzw. zumindest in eigener Regie zu adaptieren (Stichwort: Hersteller-Anwender-Identität - s.w.u.). Auch dies kann Art und Umfang der jeweils forcierten Technikalternativen wesentlich beeinflussen. Schließlich bewirkt die Ähnlichkeit der verfahrenstechnischen, maschinenbaulichen und/oder werkstückbezogenen Erfahrungen und Kenntnisse bei den Herstellern und bei einem Großteil der Anwender von Fertigungstechniken, daß zwischen ihnen weit mehr strategische Optionen hinsichtlich der wechselseitigen Beziehungen wie auch hinsichtlich möglicher Technikalternativen bestehen, als dies üblicherweise in anderen Branchen der Fall ist.

Angeichts dieser Komplexität des Werkzeugmaschinenmarktes beabsichtigte die Studie nicht, den inneren strategischen Zusammenhang der Automatisierungsbestrebungen der Werkzeugmaschinenbauer im Hinblick auf deren Produktentwicklung oder deren eigene Fertigung intensiv zu untersuchen. Auch ging es nicht darum, die Breite des Einsatzes automatisierter Beschickungseinrichtungen an spanenden Werkzeugmaschinen in den verschiedensten Einsatzfeldern aufzuzeigen. **Ziel** war und ist vielmehr, die Untersuchung auf relevante Zuführungs- und Beschickungsalternativen als Teil der Automatisierung spanender Werkzeugmaschinen zu konzentrieren, ihre Entwicklung zwischen Anfang und Mitte der 80er Jahre als **ein** Aspekt flexibler Automatisierung nachzuzeichnen und die dafür

relevanten Einflußgrößen (strategische Aktivitäten der Betriebe, alternative Techniklinien, spezifische Rahmenbedingungen, Hersteller-Anwender-Beziehungen etc.) zu identifizieren. Als Hintergrund hierfür werden zunächst die wesentlichsten Reaktionen des Werkzeugmaschinenbaus und der Hersteller von Fertigungstechniken auf die Anforderung flexibler Automatisierung aus der Technik-Hersteller-Perspektive skizziert.

(7) Aufgrund der dargestellten wirtschaftlichen und strukturellen Situation besaß der Werkzeugmaschinenbau nur **geringe strategische Spielräume**, um rasch und erfolgreich auf das doppelte Problem aus veränderten Marktanforderungen und zunehmendem Kostendruck reagieren zu können. Durch den sich seit langem vollziehenden und weitgehenden Rückzug aus dem Feld der einfachen Serien- und Standardmaschinen einerseits und der hohen Spezialisierung auf bestimmte Anwendungsfälle andererseits war die Absatzpolitik der meisten Werkzeugmaschinenbauer vorrangig **produkt- und qualitätsorientiert**. Diese Einschätzung gilt mehr oder weniger auch für die als Programmfertiger¹⁰ einzustufenden Hersteller qualitativ anspruchsvoller und komplexer Serienmaschinen. Von daher war einerseits ein Ausweichen auf einfacher ausgestattete, eher über den Preis vermarktete Standardmaschinen weitgehend verbaut.

Allerdings konnte sich der bundesdeutsche Werkzeugmaschinenbau andererseits aufgrund seiner produktstrategischen Spezialisierung dem stärker werdenden Kostendruck kaum entziehen. Zum einen war er zur Bewältigung der wachsenden Marktanforderungen auf die bestehenden (arbeitskräftebezogenen) Flexibilitätsstrukturen angewiesen, zum anderen nahmen die Kosten für Produktentwicklung, Material, technische und personelle Investitionen erheblich zu. Dabei wurde er durch die internationale Konkurrenz dazu gedrängt, spezialisierte und flexible Techniken rascher und gleichzeitig kostengünstiger zu liefern, damit der Abstand zwischen den preisgünstigen (und sukzessive leistungsfähigeren) Standardmaschinen der Konkurrenz und den (eigenen) kostenaufwendigen, flexiblen und qualitativ hochwertigen Spezial- bzw. Universalmaschinen nicht zu groß wurde und damit nicht der Verlust von Marktanteilen drohte. **Preiskonkurrenz** war daher - in diesen Jahren von Experten des Werkzeugmaschinenbaus immer häufiger als **das** absatzpolitische Problem genannt - weni-

10 Vgl. zu dieser Typisierung bei Manske, Wobbe-Ohlenburg 1984, S. 5, und Hirsch-Kreins 1984, S. 2.

ger Ausdruck einer grundsätzlichen absatzstrategischen Ausrichtung vieler Betriebe als vielmehr die Folge preispolitischer Zugeständnisse von primär produkt- und qualitätsorientiert agierenden Technikherstellern.

(8) Innerhalb dieser vergleichsweise engen Spielräume konzentrierte sich der Werkzeugmaschinenbau strategisch vorrangig darauf, sein Produkt "Maschinen- und Fertigungstechniken" unter dem Gesichtspunkt der Produktinnovation und der Absatzpolitik kontinuierlich weiterzuentwickeln und hinsichtlich einer Flexibilisierung der Abläufe in und an den Maschinen technologisch aufzurüsten. Diese **produktpolitische Dominanz** in den Reaktionen der meisten Werkzeugmaschinenhersteller (und anderer Maschinenbaubetriebe) auf die Herausforderungen der Markt- und Kostenprobleme prägte die Prozesse der Durchsetzung und Verbreitung neuer Techniken ganz entscheidend; sie war lange Zeit charakteristisch für die dadurch vorrangig aus der Herstellerperspektive betriebenen Rationalisierungsbestrebungen des Werkzeugmaschinenbaus und damit vor allem auch für die Entwicklung automatisierter Beschickungstechniken in diesem Bereich:

- o Die Werkzeugmaschinenhersteller konzentrierten ihre Kräfte auf eine **Verbesserung und schrittweise Erneuerung ihrer bisherigen Produkte und auf eine breitere Produktpalette**; Rationalisierungsmaßnahmen hinsichtlich der eigenen Fertigungsstrukturen unterblieben weitgehend oder erfolgten allenfalls unter der Zielsetzung, die produktpolitische Strategie wirksam unterstützen und verfolgen zu können.
- o Diese Produktentwicklung orientierte sich zunächst primär an den **Anwendererfordernissen jener großbetrieblichen Anwender** von Werkzeugmaschinen, insbesondere aus dem Fahrzeugbau, die - wie erwähnt - zur Bewältigung ihrer eigenen Flexibilisierungs- und Ökonomisierungserfordernisse neue (in der Tendenz systemisch orientierte und integrativ ausgelegte) Rationalisierungsstrategien ergreifen mußten und die dafür benötigten fertigungstechnischen Anlagen verstärkt nachfragten. Die Technikprodukte des Werkzeugmaschinenbaus sind also weniger ein Ergebnis eigener Rationalisierungszwänge bzw. wurden kaum für den Einsatz in der eigenen Produktion entwickelt.

- o Auch die Verwendung neuer Technologien, insbesondere elektronischer Steuerungen und Informationstechniken, als Medien zur Steigerung von Flexibilität und Produktivität stellte sich für den Werkzeugmaschinenbau zunächst weniger als ein Problem eigener Anwendung denn als ein produkt- und absatzpolitisches Problem dar. Der zunehmende Einbau solch **steuerungstechnischer Elemente** in fertigungstechnische Anlagen bewirkte jedoch einen **qualitativen Sprung auf der Produktebene** selbst: Flexible Techniken stellten für den Werkzeugmaschinenbauer im Grunde neue, auf der Basis von Computertechniken konzipierte Produkte dar. Damit verbanden sich zusätzliche und neuartige Ansprüche an die anwendungsspezifische Adaptierbarkeit, an den Zuschnitt der Techniken auf die Bedürfnisse der jeweiligen Anwender; Ansprüche, die mit herkömmlichen Strategien und Maßnahmen aber immer weniger bewältigt werden konnten. Über den Aufbau neuer produktpolitisch orientierter Strukturen hinaus (hinsichtlich Organisation, Qualifikation etc. - s.u.) wurden auch neuartige Kooperationsbeziehungen mit maschinenbaufremden Lieferanten von elektronischen Steuerungen, Systemtechniken und Software erforderlich.

 - o Schließlich wurden durch diese Entwicklung immer mehr auch die **Produktfelder der fertigungstechnischen Peripherie** tangiert und zum Gegenstand produktpolitischer Entscheidungen des Werkzeugmaschinenbaus, während sich umgekehrt auch die Hersteller von Handhabungs- und Transporteinrichtungen, aber auch von elektronischen Steuerungen, verstärkt den Möglichkeiten flexibler Fertigungsautomatisierung und ihrer Vermarktung zuwandten. Damit verwischten sich nicht nur die bisherigen Struktur- und Trennungslinien des Technikmarktes sukzessive, es eröffneten sich dabei neue Absatzchancen für traditionelle Technikhersteller ebenso wie für Newcomer.
- (9) Als Folge der im Kontext unserer Fragestellung wesentlichsten **produktpolitischen Reaktionen** der Hersteller von Werkzeugmaschinen und peripheren Fertigungseinrichtungen zeichneten sich Ende der 70er/Anfang der 80er Jahre folgende Techniklinien ab:
- o Eine Entwicklung flexibler Automatisierung bezog sich darauf, die bisherige Tendenz von ein- zu multifunktionalen **NC-Maschinen in Richtung auf CNC-Bearbeitungszentren** fortzuführen bzw. zu forcie-

ren. Bei dieser einzelmaschinenbezogenen Automatisierungslinie ging es vor allem darum, die Bearbeitungs- und Umrüstgeschwindigkeiten bereits hochentwickelter NC-Bearbeitungsmaschinen zu verbessern, d.h. zu steigern, und immer weitere Stufen auf dem Weg zur **Komplettbearbeitung** mit möglichst wenigen Aufspannungsvorgängen bzw. nur einer Aufspannung zu realisieren. Ziel aller dieser - durchaus auf unterschiedliche maschinentechnische Aspekte bezogenen - Automatisierungsschritte war vor allem, die Durchlaufzeiten **in** der Maschine zu verkürzen und mit Hilfe des automatischen Abrufs verschiedenster Bearbeitungsprogramme (und auf der Basis automatischer Werkzeugbeschickung, Werkstückvermessung etc.) eine flexible Fertigung von Klein(st)serien - auch bei unterschiedlichsten Werkstückgeometrien - zu verwirklichen. Werkstückbeschickung selbst war in diesem Zusammenhang von nachgeordneter Bedeutung und stellte im konkreten Fall einen eher sekundären Automatisierungsschritt dar.

- o Eine zweite Techniklinie war primär auf die **Automatisierung der Werkstückzuführung und -beschickung** derartiger NC- und CNC-Einzelmaschinen gerichtet. Ziel war es, die Nebenarbeiten der Werkstückbereitstellung, der Bereitstellung von Spannvorrichtungen und vor allem des Auf- und Abspannens der Werkstücke weitgehend während der Maschinenlaufzeiten durchführen zu können. Die eigentliche Beschickung der Maschine sollte dann rasch und exakt abgestimmt auf die variablen Bearbeitungsabläufe und die wechselnde Werkstückreihenfolge automatisch erfolgen. Solche Automatisierungsbestrebungen zielten insbesondere darauf ab, Möglichkeiten der Mehrmaschinenbedienung, der automatischen Abarbeitung von Werkstückpuffern und der mannarmen Fertigung zu realisieren.
- o Eine dritte Entwicklungsrichtung konzentrierte sich darauf, mehrere Einzelmaschinen unterschiedlichster Bearbeitungsverfahren zu **flexiblen Fertigungssystemen** zusammenfassen und miteinander mechanisch und steuerungstechnisch zu verketten. Bei dieser Entwicklung steht die Außenverkettung der jeweiligen Aggregate und die Verknüpfung der verschiedenen Bearbeitungs- und Transportabläufe im Vordergrund. Das Flexibilisierungspotential dieser Techniklinie lag weniger in den einzelnen Aggregaten als in der Konzeption eines gesamten - aus verfahrens- und herstellerbezogenen unterschiedlichen Aggregaten, Verkettungskomponenten und Steuerungstechniken bestehenden

- Maschinen- und Transportsystems. Im Gegensatz zu den beiden ersten Techniklinien wurden derartige Automatisierungslösungen anfänglich weniger vom Werkzeugmaschinenbau vorangetrieben als weit eher von Großabnehmern von Werkzeugmaschinen und damit also von Anwendern - zumeist in eigener Regie - geplant und realisiert.¹¹ Aber auch Hersteller von Transferlinien, ebenso wie von Transportsystemen, von komplexen Handhabungssystemen und von elektronischen Steuerungen verfolgten diese Automatisierungslinie, eröffnete sie doch erhebliche Vermarktungs- und Einsatzpotentiale für ihre jeweiligen Produkte.

- o Als vierte Entwicklungsrichtung schließlich sind jene Techniken zu nennen, die auf der Grundlage von EDV-Systemen die - bislang konventionell abgewickelten - **Prozesse der Planung und Steuerung** von Produktentwicklung und Produkterstellung einer verstärkten Automatisierung zuführen. Derartige Techniken des computergestützten Planens und Konstruierens (CAD), der vom EDV-gestützten Fertigungsplanung- und Fertigungssteuerung (PPS) usw. setzten im Unterschied zu den oben genannten Entwicklungslinien nicht an der unmittelbaren Fertigungstechnik, sondern in administrativen bzw. fertigungsnahen Bereichen an. Sie ermöglichten jedoch eine wechselseitige **datentechnische Verknüpfung und Abstimmung** der einzelnen Teilprozesse miteinander, womit der Durchlauf der Produkte durch die **gesamte** Fertigung beschleunigt und flexibler gesteuert werden soll. Über ihre jeweilige informationstechnische Vernetzung mit automatisierten Fertigungs-, Handhabungs- und Transporteinrichtungen erlangen sie für die Gestaltung und Abwicklung von Beschickungsabläufen spezifische Relevanz.

(10) **Zusammenfassung und Fazit:** Ausgehend von den - hier nur kurz skizzierten - wesentlichen strukturellen Elementen und der wirtschaftlichen (Ausgangs-)Lage des Werkzeugmaschinenbaus zeigte sich, daß dieser einem doppelten Problemdruck ausgesetzt war: neuartigen Produkthanforderungen der flexiblen Automation aufgrund veränderter, tendenziell systemisch orientierter Rationalisierungsstrategien seiner (Haupt-)Abnehmer einerseits und steigender Kostenbelastungen infolge zunehmender

11 Exemplarisch für ein solches umfassendes Entwicklungsprojekt sei auf Schultz-Wild u.a. 1986 verwiesen.

Konkurrenz und enger Rationalisierungsspielräume andererseits. Auf diese Probleme konnten die meisten Werkzeugmaschinenbaubetriebe vorrangig nur produktpolitisch reagieren, was zunächst eher tentativ und in kleinen Technisierungsschritten geschah. Dabei ließen sich innerhalb des hochkomplexen und heterogenen Marktes für Werkzeugmaschinen sehr verschiedene betriebliche Reaktionen und vor allem unterschiedliche produktstrategische Automatisierungsrichtungen bei den Herstellern von Fertigungstechniken und insbesondere im Werkzeugmaschinenbau selbst ausmachen: Die - in dieser Studie im Zentrum stehende - Zuführung und Beschickung von Werkstücken an spanenden Werkzeugmaschinen stellte darin "nur" **einen** Ansatzpunkt flexibler Automation dar. Für deren Innovation und Verbreitung ergaben sich aber aus bestimmten anderen Automatisierungstendenzen (Komplettbearbeitung, flexible Fertigungssysteme, EDV-gestützte Planungs- und Steuerungssysteme) erhebliche Implikationen (Konkurrenzen, wechselseitige Einflüsse). Von daher waren solche Automatisierungsalternativen (ebenso wie einige weitere bedeutsame Technisierungsstrategien der Anwender) in die - im folgenden Kapitel dargelegte - Analyse der Durchsetzung unterschiedlicher Techniklinien in der automatisierten Werkstückhandhabung einzubeziehen, um die dafür entscheidenden (unterstützenden wie auch hemmenden) Einflußgrößen identifizieren und beurteilen zu können. Vor allem wurde es erst vor dem Hintergrund dieser Zusammenhänge möglich, die eigenständige Bedeutung von Innovationen in der Werkstückhandhabung wie auch ihren Einfluß im Kontext anderer Rationalisierungstendenzen für die Entwicklung der Arbeitsbedingungen im hier interessierenden Untersuchungsfeld und für die Veränderungen auf dem Technikmarkt und in den Strukturen der Hersteller-Anwender-Beziehungen zu bestimmen.

III. Alternativen automatisierter Werkstückhandhabung an spanenden Werkzeugmaschinen - die Bedeutung des Anwendungsbezugs für ihre Durchsetzung

Vorbemerkung: Zum Stellenwert der Beschickung von spanenden Werkzeugmaschinen mit Werkstücken

Der Vorgang der Beschickung (und Entladung) stellt grundsätzlich die entscheidende Schnittstelle zwischen der maschinellen Bearbeitung einerseits und dem Transport (Fördern) der Werkstücke von und zu Lager- und/oder Montageprozessen andererseits dar. Dieser Vorgang wurde wegen der Kompliziertheit der jeweiligen Handhabungsaufgaben herkömmlich fast ausnahmslos manuell (allenfalls mit mechanischer Unterstützung) durchgeführt, wie der Begriff "Handhabung" sinnfällig belegt. Der konkrete Beschickungsvorgang kann dabei je nach maschinentechnischer Ausprägung, nach Werkstückeigenschaften und Transportalternativen verschiedenste und z.T. hochkomplexe Handhabungsfunktionen umfassen;¹ die jeweiligen Bewegungs-, Sicherungs-, Prüf- und Speicherfunktionen setzen sich wiederum aus vielfältigen Teilfunktionen² zusammen und können dementsprechend in unterschiedlicher Weise zu den verschiedensten Beschickungslösungen kombiniert werden.³ Aufgrund dieser Möglichkeit ist es zum einen naheliegend, separat konzipierte **eigenständige** Handhabungsgeräte zu entwickeln, mit denen der - bislang vorrangig durch Arbeitskraft vollzogene - Materialfluß zwischen den Fertigungs-, Transport-

-
- 1 Vgl. zur Vielfalt der für die Handhabung relevanten Werkstückaspekte etwa bei Wiendahl 1981, S. 17ff., und BMFT 1984a, S. 189ff.
 - 2 Nach VDI-Richtlinie 3239 ist Handhaben die Nahtstelle zwischen Lagern und Fördern einerseits und Bearbeiten bzw. Fügen andererseits und umfaßt das zeit-, lage- und mengenrichtige Zuordnen von Werkstücken und Werkzeugen. Nach dem Entwurf zur VDI-Richtlinie 2860 stellt Handhaben eine Teilfunktion des Materialflusses (der als andere Teilfunktionen das Fördern und Lagern noch umfaßt) und besteht selbst aus verschiedenen Teilfunktionen, die sich wiederum auf unterschiedliche Elementarfunktionen zurückführen lassen.
 - 3 Vgl. hierzu die Analysen bei Bürgel u.a. 1983 und in BMFT 1984a.

und Lagereinrichtungen teilweise oder vollständig automatisch bewerkstelligt werden kann. Solche Geräte bedingen freilich jeweils einen (zusätzlichen) Aufwand zu ihrer Koppelung und Anpassung an die ebenfalls als eigenständige Anlagen konzipierten Bearbeitungs- und Transporteinrichtungen und zur Einbindung möglicher "Reste" an manueller Tätigkeit (Stichwort: Automatisierungslücken). Zum anderen ist es möglich, einzelne (Teil-)Funktionen, also z.B. Spann- oder Positioniervorgänge, von den dazu spezifisch ausgestatteten und miteinander zu verkettenden Fertigungseinrichtungen selbst oder durch entsprechend ausgerüstete Transporteinrichtungen ausführen zu lassen. Je nach dem, inwieweit Teilfunktionen der Handhabung in die Fertigungseinrichtungen **integriert** werden, lassen sich also Bearbeitungs-, Handhabungs- und Transportabläufe mit geringerem Aufwand direkter miteinander verknüpfen und besser bzw. enger aufeinander abstimmen, als dies mit eigenständigen Handhabungssystemen möglich ist (vgl. Bürgel u.a. 1983, S. 1ff.). Je stärker das der Fall ist, um so mehr kann sich der Einsatz eigenständiger Beschickungseinrichtungen erübrigen, so daß sich im Extremfall der Beschickungsvorgang auf eine bloße Übergabestelle (als unmittelbare Schnittstelle) zwischen Bearbeitungs- und Transportprozeß reduzieren läßt.

Die Art des Vorgangs der Beschickung bzw. Übergabe von Werkstücken entscheidet aber auch über **Produktivität und Flexibilität der Bearbeitungsmaschinen**. Die automatisierte (und flexibilisierte) und damit beschleunigte Zu- und Abfuhr von Werkstücken erhöht auf der einen Seite den Nutzungsgrad inflexibler Bearbeitungseinrichtungen (wie etwa von Transferlinien) ebenso, wie er auf der anderen Seite die Ausschöpfung der in CNC-gesteuerten Maschinen enthaltenen Flexibilitätspotentiale und Produktivitätsressourcen verbessert.

Als wesentlicher **Bestandteil des gesamten Materialflusses** ist der Beschickungsvorgang zudem Objekt für fertigungs- und arbeitsorganisatorische Maßnahmen. Je nach dem, wie dieser Teilbereich gestaltet wird, können von ihm wesentliche Effekte auf die vor- und nachgeordneten Teilprozesse ausgehen. So entstehen z.T. neue Produktivitäts- oder Flexibilitätsanforderungen in bislang nicht automatisierten Teilprozessen, oder es verlagern sich Teilfunktionen der Handhabung aus dem Beschickungsbereich in andere Fertigungsteilbereiche.

Die Gestaltung des Beschickungsvorgangs und der eventuelle Einsatz entsprechender Automatisierungstechniken erweist sich damit nicht nur als separater Gegenstand der Beschaffungs- und Fertigungspolitik; Beschickung stellt auch einen wichtigen **strategischen Ansatzpunkt** innerhalb der den einzelnen Bearbeitungsprozeß umgreifenden und den gesamten Materialfluß übergreifenden Rationalisierungsbestrebungen der Betriebe dar. Innerhalb dieser können sich aus der Entwicklung und Durchsetzung bestimmter Handhabungs- und Verkettungseinrichtungen seitens der Technikhersteller Wirkungen entfalten, die über den bloßen Beschickungsvorgang hinaus Bedeutung für die Gestaltung der gesamten Fertigungsstrukturen beim Anwender haben.

1. Zur Ausgangssituation der Werkstückhandhabung Anfang der 80er Jahre

(1) Die Situation war zu Beginn der 80er Jahre dadurch charakterisiert, daß im Rahmen der Automatisierungs- und Flexibilisierungsanstrengungen immer mehr auch der Bereich der Werkstück- und Werkzeughandhabung in Bearbeitungs- und Montageprozessen ins Blickfeld geriet. So wurde zum einen in der Werkstückhandhabung - insbesondere im Bereich der Kleinserienfertigung - ein deutlicher Engpaß der Automatisierung gesehen.⁴ Zum anderen kam gerade den Handhabungsvorgängen auch eine enorme wirtschaftliche Bedeutung zu, da der größte Teil aller Handhabungsfunktionen, vor allem im Werkzeugmaschinenbau und im Maschinenbau, nicht automatisiert war.⁵ Diese Tatsache, aber auch die Notwendigkeit zur Flexibilisierung starrer Transferstraßen und vor allem die große Menge arbeitsintensiver Montageprozesse, ließen damals ein großes Einsatzpotential für automatisierte Be- und Entladeeinrichtungen, für flexible Beschickungs- und Handhabungsgeräte erwarten. Dabei spielten nicht zuletzt auch (gewerkschafts-)politische Intentionen zur Verbesserung oder Beseitigung zahlreicher Handhabungsarbeitsplätze mit negativen Ar-

4 Hierauf verweisen auch Spur 1979, S. 156, und Wiendahl 1981, S. 18.

5 Nach Schätzung der Fachgemeinschaft MHI entfielen noch 1981 40% aller produktiven Löhne auf Handhabungs- und Montagetechniken.

beitsbedingungen (Stichwort: Restarbeiten) sowie der Mangel an Arbeitskräften für hochbelastende Arbeiten eine Rolle.⁶

Im Rahmen der forcierten Technisierungsbemühungen wurden deshalb gerade im Handhabungsbereich auf breiter Ebene Arbeiten zur Grundlagenforschung und zur Entwicklung konkreter Techniken veranlaßt; die Handhabungstechniken entwickelten sich zu einem eigenständigen Gebiet der Fertigungstechnik.⁷ Innerhalb dieser Bestrebungen zur flexiblen Fertigungsautomatisierung stellte die Werkstückzuführung und -beschickung von spanenden Werkzeugmaschinen zwar nur einen, so doch wichtigen - weil für den Grad und den Fortgang der Automatisierung oft entscheidenden - Teilbereich dar.

Die meisten der in diesem Bereich betriebenen Entwicklungs- und Forschungsaktivitäten konzentrierten sich auf einen vergleichsweise fortschrittlichen Ausschnitt der Handhabungstechniken, nämlich auf Industrieroboter und vergleichbare Handhabungseinrichtungen (vgl. Wiendahl 1981, S. 29); eine Entwicklung, die durch die Diskussionen um den technologischen Rückstand des deutschen Werkzeugmaschinenbaus speziell auch auf dem Sektor der Industrieroboter (so z.B. Brödner 1981a, S. 41) und durch entsprechende forschungs- und förderpolitische Maßnahmen forciert worden war. Unterstützt wurde dies - nach Aussagen zahlreicher Experten - durch die herrschende Vorstellung, daß eine weitgehend beliebige und problemlose Werkstückhandhabung durch den Industrieroboter möglich bzw. diese für nahezu jeden Beschickungsvorgang geeignet wäre. Dies galt auch und vor allem für die Beschickung von Werkzeugmaschinen, wo - damaligen Untersuchungen zufolge - neben der Montage das

6 Vgl. dazu etwa die Berichte zum Themenbereich Handhabungssysteme von Kasiske u.a. 1981 und Volkholz, Korndörfer 1981.

7 Hier ist auf die zahlreichen und vielfältigen handhabungsbezogenen Forschungsvorhaben im Rahmen der Forschungsprogramme "Humanisierung des Arbeitslebens" und "Fertigungstechnik" (vgl. als Überblick bei Brödner 1981), die verschiedenen Entwicklungsarbeiten in technikwissenschaftlichen Instituten und in Unternehmen und die wachsende Zahl der Hersteller von Handhabungssystemen hinzuweisen; letzteres schlug sich in der Entwicklung von der Fachgruppe "Montage- und Handhabungstechnik" über eine Fachabteilung 1976 mit 30 Herstellern zu der eigenständigen Fachgemeinschaft MHI im VDMA 1981 mit fast 50 Herstellern nieder, die 1986 bereits 75 der geschätzten 125 bundesdeutschen Lieferanten von Handhabungstechniken zu ihren Mitgliedern zählte.

Einsatzfeld für Industrieroboter mit dem **größten Marktpotential** für die Jahre 1985 bis 1994 vermutet wurde.⁸

Entsprechend beteiligte sich zu jener Zeit eine wachsende Zahl von Herstellern an der Entwicklung und Produktion von Handhabungssystemen bzw. Industrierobotern; insbesondere waren dies Hersteller, die vielfach gezielt, z.T. ausschließlich ihre Modell- und Absatzpolitik auf die Beschickung von Werkzeugmaschinen in der Kleinserienfertigung, insbesondere also für den Werkzeugmaschinenbau und entsprechende Fertigungsbereiche im Maschinenbau, ausrichteten.⁹ Sie stammten aus den verschiedensten Technikbereichen und Anwendungsfeldern (Hersteller von Schweißanlagen, von Transporteinrichtungen, von Steuerungstechniken). Auch und vor allem große Anwenderbetriebe (aus dem Automobil- und dem Maschinenbau) entwickelten - ausgehend von umfassenden Umstellungsmaßnahmen in ihrer eigenen Fertigung - speziell auf ihre Bedürfnisse zugeschnittene Handhabungsgeräte, die sie zum Teil auch auf dem Markt anboten. Schließlich engagierten sich auch einzelne Werkzeugmaschinenbauer in diesen Techniken, weil sie - zur Ergänzung und Erweiterung ihrer Produktpalette - in Industrierobotern eine Beschickungsalternative für besondere Einsatzbereiche ihrer herkömmlichen Maschinenprodukte sahen. Unter all diesen Herstellern befanden sich auch zahlreiche "Newcomer", die versuchten, mit neu entwickelten Handhabungssystemen auf dem Robotermarkt bzw. in spezifischen Einsatzbereichen Fuß zu fassen.

Neben diesen umfassenden und vielfältigen Bestrebungen auf dem Industrierobotersektor begannen auf der anderen Seite die meisten Werkzeugmaschinenhersteller, wenn auch kaum förderpolitisch unterstützt und in der Fachwelt besonders thematisiert, in eigener Regie oder gemeinsam mit traditionellen Herstellern von eher einfachen Zuführungs- und Transporteinrichtungen, Beschickungsanlagen zu entwickeln und zu fertigen. Diese Anlagen, die weitgehend auf ihre für den Markt entwickelten Maschinen und Maschinenprogramme zugeschnitten waren, stellten vergleichsweise einfache und unspektakuläre, eher eine schrittweise Flexibilisierung und Automatisierung ermöglichende Lösungen dar.

8 Vgl. etwa bei Volkholz, Korndörfer 1981, S. 157, sowie entsprechende Zahlen zu neuen Einsatzbereichen für Handhabungssysteme in BMFT 1984.

9 Exemplarisch hierfür steht der Beitrag "Extraklasse - Endlich, Roboter speziell für den Werkzeugmaschinenbau", NC-Fertigung 1982a, S. 38f.

(2) Von daher standen Ende der 70er/Anfang der 80er Jahre grundsätzlich **zwei unterschiedliche Techniklinien für die Entwicklung und Auswahl automatischer Beschickungseinrichtungen** zur Disposition:

- o Maschinengebundene bzw. -integrierte Handhabungslösungen auf der einen Seite und
- o eigenständige Handhabungssysteme und insbesondere Industrieroboter auf der anderen Seite.

Dabei war zu jener Zeit weitgehend noch offen, welche Alternativen sich letztlich durchsetzen würden bzw. für welche Einsatzfelder sie jeweils vorrangig in Frage kämen. Diese Offenheit wurde, insbesondere auch aus der Sicht vieler potentieller Anwender, verstärkt durch die Unsicherheit, welche Automatisierungstendenzen sich generell, vor allem im Bearbeitungsbereich, abzeichnen und durchsetzen werden, zumal sich aus der Art der Beschickung entscheidende Voraussetzungen, aber auch Einschränkungen, für weitergehendere Bestrebungen zur Automatisierung bzw. zur Verkettung von Werkzeugmaschinen ergeben konnten.

Beide Techniklinien lassen sich wie folgt skizzieren:

(a) Die **maschinengebundene, integrierte Beschickungsautomatisierung** konkretisierte sich in der Regel in zwar einzeln installierbaren und schrittweise ausbaubaren, aber bereits als Bestandteile der Fertigungsanlage konzipierten bzw. ein- oder angebauten Einrichtungen, mit denen sich verschiedene (Teil-)Funktionen der Handhabung und des Transports von Werkstücken automatisch durchführen ließen; bei dieser Techniklinie waren daher unterschiedliche Automatisierungsstufen realisierbar. Sie entsprach damit einmal weitgehend den (begrenzten) Möglichkeiten und der verbreiteten Policy der Werkzeugmaschinenbauer und der mit ihnen kooperierenden Hersteller von Beschickungs- und Transporteinrichtungen, fertigungstechnische Produkte schrittweise zu entwickeln; sie eröffnete auf der anderen Seite den technisch und finanziell unterschiedlich ausgestatteten Abnehmerbetrieben Spielräume zur Realisierung sowohl einfacher Beschickungslösungen als auch komplexer, sukzessive ausbaubarer Beschickungssysteme.

Konkret handelte es sich dabei vor allem um die mit Paletten (mit und ohne Spannvorrichtungen) durchgeführte Beschickung von **Fräs- und Bohrmaschinen** mit **prismatischen Werkstücken** und um die stufenweise Ausbaufähigkeit einzelner CNC-Maschinen zu komplexen **Bearbeitungszentren**. Diese Lösung erlaubte es, gleichzeitig die Werkstückbearbeitung in der Maschine und die manuelle oder (teil-)automatische Bestückung und Spannung der Werkstücke auf der Palette außerhalb der Maschine durchführen zu lassen. Freilich befanden sich solche Beschickungseinrichtungen zu jener Zeit z.T. noch in der Entwicklungsphase und kamen nur allmählich zum Einsatz, zumal auch die Verwendung von Bearbeitungszentren erst ansatzweise stattfand. Entsprechend begann das Spektrum solcher Einrichtungen bei einfachen, in die Maschine integrierten, drehbaren Palettentischen als Palettenwechsler, die, je nach Komplettbearbeitungsmöglichkeiten, zu Mehrfachwechslern ausgebaut und um größere Palettenmagazine bzw. Palettenbahnhöfe ergänzt bzw. erweitert werden konnten. Damit aber konnte der automatische Beschickungsvorgang durch entsprechende Puffer- und Transporteinrichtungen zu einem umfangreichen Materialflußsystem (das bis zum Zwischenlager und zur Montage reichen konnte) ausgebaut werden. Die Beschickungseinrichtungen waren sowohl mechanisch wie auch steuerungstechnisch in die Maschine integriert bzw. auf deren konkrete Anforderungen abgestimmt und wiesen bereits in der Produktkonzeption der Hersteller aufeinander abgestimmte mechanische und steuerungstechnische Schnittstellen (etwa für gleiche Übergabehöhen, kompatible Steuerungssoftware) auf.

Integrierte Beschickungseinrichtungen wurden bei **Drehmaschinen** zwar vergleichsweise spät entwickelt, zumal bei diesen die Spannvorrichtungen, fertigungstechnisch bedingt, in der Maschine gelegen sind, was von daher eine Beschickung von außen durch eigenständige Handhabungseinrichtungen nahelegt (vgl. Bürgel u.a. 1983, S. 23). Dennoch wurde mit fortschreitender Realisierung der Komplettbearbeitung auch für Drehmaschinen verstärkt - beginnend mit einfachen Ladeportalen - nach integrativen Lösungen gesucht,¹⁰ bei denen extern installierte Handhabungseinrichtungen in das komplexe Maschinenkonzept hinsichtlich Werkzeug-, Werkstück- und Spannfutterhandhabung voll eingebunden wurden. Eine solche Beschickungseinrichtung wurde also exakt auf die Handhabungsbedürfnisse an und in der Maschine zugeschnitten und war insofern integraler Be-

10 Zu den Entwicklungstendenzen 1981/82 vgl. etwa bei Obermann 1982.

standteil einer - in Herstellersicht - produkttechnischen Gesamtlösung (Drehzelle); sie stellte damit kein eigenständiges, an die Maschine adaptiertes Gerät dar, vielmehr wurden bei dieser Gesamtlösung alle Komponenten, einschließlich der Steuerungen, in Abstimmung aufeinander konstruiert und zusammengebaut.¹¹ Diese Lösung ermöglichte in ähnlicher Weise eine parallel zum Bearbeitungsvorgang extern erfolgende Werkstück-, Werkzeug- und Spannfutterhandhabung sowie eine beschleunigte Beschickung auch bei Drehmaschinen.

Aufgrund der auf eine maschinentechnische Integration ausgerichteten Konzeption bei beiden Lösungen konnten solche Einrichtungen in der Regel auch zusammen mit den - bei den Kaufverhandlungen im Vordergrund stehenden - Werkzeugmaschinen angeboten werden, d.h., ihr Verkauf wurde durch den Absatz an Maschinen erheblich gefördert.

(b) Im Gegensatz dazu handelte es sich bei der zweiten Techniklinie um separat entwickelte und gefertigte **eigenständige Handhabungseinrichtungen**. Diese wurden maschinentechnisch isoliert aufgestellt, waren mit einer eigenen Steuerung ausgestattet und wurden mit den im Prinzip fremdentwickelten Bearbeitungsmaschinen und ggf. mit vorhandenen Speicher- oder Transporteinrichtungen verbunden (über evtl. normierte oder häufig noch zu definierende oder zu entwickelnde mechanische und steuerungstechnische Schnittstellen). Solche Handhabungseinrichtungen konnten von einfachen **Einlegeautomaten** mit fester Programmierung bis zu komplexen und frei programmierbaren, vielachsigen **Industrierobotern bzw. Portalrobotern** reichen. Ihr Einsatz fand sich weniger bei Fräs- und Bohrmaschinen; er wurde eher bei Drehmaschinen angestrebt, wobei es sich aber weitgehend um einfachere Be- und Entladegeräte handelte (vgl. Autorenkollektiv 1981, S. 20f.). Eine (nachträgliche) Ausrüstung mit komplexeren Geräten wurde erst in Ansätzen angestrebt.¹² Wegen der Eigenständigkeit solcher Geräte ging man vor allem auch davon aus, sie zur nachträglichen Ausrüstung der vergleichsweise häufiger im Einsatz befindlichen, bislang manuell beschickten NC- und CNC-Werkzeugmaschinen einsetzen zu

11 Vgl. exemplarisch dazu den Bericht zur Entwicklung eines flexiblen, maschinenintegrierten Handhabungssystems für numerisch gesteuerte Drehmaschinen in Autorenkollektiv 1981.

12 Hierauf verweisen etwa Mielke 1982 sowie die Beiträge NC-Report 1982a, S. 28ff., und NC-Fertigung 1982c.

können; aber auch hinsichtlich der beiden als eigenständige Einrichtungen konzipierten Alternativen, der Beschickung durch Standby-Industrieroboter oder durch komplexe Portalladegeräte, gab es noch keine eindeutigen Einsatzprioritäten.¹³

Trotz der grundsätzlichen Möglichkeit, damit ähnliche Effekte gleichzeitig verlaufender Bearbeitungs- und Handhabungsvorgänge zu erzielen, und trotz der Chance zur nachträglichen Ausrüstung bislang manuell beschickter Anlagen wurden derartige Handhabungseinrichtungen damals kaum in der Klein- und Mittelserienfertigung bei spanenden Werkzeugmaschinen eingesetzt. Sie fanden vielmehr, insbesondere als komplexe und mehrachsige Industrie- oder Portalroboter, Verwendung bei der Verkettung mehrerer Werkzeugmaschinen im Rahmen größerer flexibler Fertigungssysteme in der Großindustrie (vgl. BMFT 1981, S. 23f., S. 299). Da aber diese vorwiegend aus mehreren, miteinander (außen-)verketteten Bearbeitungszentren bestanden, hielt sich auch in solchen Fällen ihr Einsatz in Grenzen.

(c) Ergänzend ist zu bemerken, daß auf der anderen Seite der Schnittstelle "Beschickung", also beim **Transport und bei der Lagerung von Werkstücken** - abgesehen von Transferstraßen in der Großserienfertigung - noch vergleichsweise wenige automatische Einrichtungen zur Verknüpfung verschiedener Maschinen untereinander oder zur Verkettung von Speicher- und Lagerplätzen realisiert waren (vgl. Bürgel u.a. 1983, S. 48). Ihre Weiterentwicklung wurde vielmehr vor allem durch den Ausbau von Bearbeitungszentren zu Mehrmaschinensystemen bzw. durch die Tendenz zu flexiblen Fertigungssystemen vorangetrieben.¹⁴ Je nach Art der Anbindung einzelner Maschinen oder Maschinengruppen an andere Maschinen, an Lager- und Rüstplätze können sie jedoch für die Auswahl und Auslegung von Beschickungseinrichtungen relevant werden; dies spielte freilich erst im späteren Verlauf der Automatisierungsentwicklung eine größere Rolle,

13 So auch der Beitrag NC-Report 1982, S. 23.

14 Auf die unterschiedlichen Ausprägungen dieser Förder- und Transporttechniken und ihre Bedeutung - wie z.B. flurgebundene Systeme wie schienengeführte Fördereinrichtungen und fahrerlose Transportsysteme (FTS) oder flurfreie Systeme wie etwa Ladekräne, Portalkräne und Hängebahnsysteme - kann hier nicht näher eingegangen werden.

hierauf wird vor allem unter dem Aspekt der Auswirkungen weiter unten (in Kap. IV) noch näher eingegangen.

(3) Obwohl sich also durchaus erste Schwerpunkte des Einsatzes alternativer Beschickungseinrichtungen abzeichneten (vgl. etwa auch bei Rempp 1981, S. 259f.), bestand aus der Perspektive der großen Zahl potentieller Anwender wie auch für zahlreiche Hersteller von Handhabungseinrichtungen doch erhebliche **Unklarheit** darüber, welche Beschickungsautomatisierung in den jeweiligen Rationalisierungsfällen zu wählen sei, und wie die Absatzchancen in bestimmten Einsatzfeldern aussahen. Weitgehend offen war damit aber auch, welche **Auswirkungen** solch unterschiedliche Beschickungsalternativen auf die Gestaltung der Arbeit und der Arbeitsorganisation im spanenden Bereich haben konnten. Dies war um so schwieriger zu beurteilen, als solche Effekte vom Stellenwert der gewählten Beschickungslösungen im Rahmen konkreter betrieblicher Rationalisierungsmaßnahmen der Anwender abhingen und davon, welchen Einfluß die dabei bereits vorhandenen Fertigungs- und Arbeitskräftestrukturen ausübten bzw. wie diese wiederum selbst dadurch verändert wurden.

Eher generelle Einschätzungen dazu (z.B. hinsichtlich des Wegfalls von Arbeitsplätzen, der Beseitigung von körperlicher Schwerarbeit und von "Restarbeiten", der Anreicherung von Arbeitsinhalten, aber auch der Entstehung neuer "Restarbeiten", der Intensivierung durch Mehrmaschinenbedienung etc.) aufgrund erster Befunde¹⁵ waren vor allem wesentlich beeinflusst durch Untersuchungsergebnisse zum Industrierobotereinsatz in den damals vorherrschenden Einsatzfeldern in der Automobilindustrie.¹⁶ Von daher konnten die Auswirkungen alternativer Beschickungstechniken im Werkzeugmaschinenbau mangels einer breiten und definitiven Durchsetzung solcher Techniken und wegen fehlender entsprechender Analysen konkreter Rationalisierungsfälle kaum näher - und erst recht nicht unter Bezugnahme auf Befunde aus anderen Einsatzbereichen - bestimmt werden; zudem wurden ja auch, wie skizziert, für den Bereich der Bearbeitung

15 Vgl. dazu die ersten Befunde dieser Studie in Deiß u.a. 1983.

16 Zu den zahlreichen und ambivalenten Aussagen über die Effekte, insbesondere des Industrierobotereinsatzes, die fast ausschließlich mangels anderer Einsatzfelder auf die Automobilindustrie und dort vorwiegend auf Schweißroboter und später auf Montageroboter bezogen waren, vgl. vor allem bei SOFI Göttingen, Universität Bremen 1981; BMFT 1982 und BMFT 1984.

selbst, aber auch für den Transport- und Lagerbereich, Automatisierungskonzepte vorangetrieben, die jeweils die Realisierung bestimmter Handhabungslösungen begünstigen konnten. Schließlich ließen sich zunächst auch keine klaren Aussagen darüber machen, ob und welcher Einfluß von den in diesem Zusammenhang relevanten Hersteller-Anwender-Beziehungen und ihrer Veränderung auf die Situation und Organisation der Arbeit in der spanenden Fertigung ausgeht.

2. Die Situation in der Werkstückhandhabung ab Mitte der 80er Jahre

Gegenüber unseren ersten Analysen und Befunden zu Beginn der Studie hatte sich die Situation im Verlauf der zweiten Hälfte der 80er Jahre in der Werkstückbeschickung spanender Werkzeugmaschinen wie auch auf dem Markt für Handhabungseinrichtungen **grundlegend verändert** und **weitgehend konsolidiert**.

(1) Als wichtigster Befund ist zunächst hervorzuheben, daß die Beschickung von Werkzeugmaschinen mit **eigenständigen Handhabungseinrichtungen**, insbesondere mit Industrierobotern, die steuerungstechnisch mit der Bearbeitungsmaschine verknüpft werden, bei weitem **nicht das Ausmaß erreicht** hatte, das Anfang der 80er Jahre erwartet worden war und von dem auch eine große Zahl von Roboterherstellern, die zum Teil gezielt auf diesen Markt gesetzt hatten, ausgegangen waren.¹⁷ Vielmehr hatten sich inzwischen nicht wenige Roboterhersteller zunehmend auf relativ eingegrenzte Anwendungsfelder und/oder Handhabungsaufgaben außerhalb des Bereichs der Werkstückbeschickung beschränkt, oder aber sie hatten ihr Produkt, zumindest als eigener Anbieter, vom Markt zurückge-

17 Aber auch generell entsprach der Anstieg des Robotereinsatzes nicht völlig den vorausberechneten Einsatzpotentialen, vor allem hinsichtlich einiger anderer Einsatzfelder (wie z.B. im Montagebereich) kam er erst mit erheblicher Verzögerung zur Geltung (vgl. entsprechende Zahlen hierzu in Roboter 1984, S. 72f., und Schweizer 1987, S. 24f., sowie die Statistiken der Fachgemeinschaft MHI im VDMA). Partiiell lag diese diskrepante Entwicklung aber auch darin begründet, daß in nicht wenigen Fällen einfachere automatische Handhabungstechniken eingesetzt wurden, die nicht (mehr) der Norm der erfaßten Industrieroboter entsprachen, was insbesondere im Pressenbereich deutlich wurde.

zogen.¹⁸ Als Begründung wurde von solchen Industrieroboterherstellern (die von ihrer Herkunft durchaus unterschiedlichen Technikherstellergruppen zugehörten) angeführt, daß die produkt- und absatzpolitischen Bemühungen auf diesem Sektor **gescheitert** seien. Vereinzelt wurde bezüglich der Werkstückbeschickung, insbesondere an spanenden Werkzeugmaschinen in der Kleinserienfertigung, von einem ausgesprochenen **Entwicklungsflop** gesprochen.

(2) Wesentliche **Gründe** für dieses Scheitern lagen einmal darin, daß sich während dieser Entwicklungsphase verstärkt **andere Automatisierungslinien** durchgesetzt hatten, die den Einsatz von Industrierobotern weniger erforderlich machten, und daß sich aufgrund betriebsspezifischer Ausprägungen von Werkstücken und Werkstückspektren der **Einsatz von Industrierobotern** letztlich häufig als die **unwirtschaftlichere Alternative** zu anderen, z.T. einfacheren Beschickungslösungen darstellte.

(a) Als entscheidende Konkurrenz erwies sich einmal die forcierte Entwicklung von **Maschinen zur Komplettbearbeitung**; eine Tendenz, die bereits schon länger bei den Fräs- und Bohrmaschinen vorangeschritten und immer mehr perfektioniert wurde, aber auch im Laufe der 80er Jahre sich im Bereich der Drehmaschinen (auch durch den Einsatz "rotierender Werkzeuge") entscheidend beschleunigt hatte.¹⁹ Ihr herausragender Effekt war, daß durch die zunehmende und immer umfassendere Möglichkeit, Werkstücke komplett in einer oder wenigen Aufspannungen bearbeiten zu können, die Zahl der Handhabungsvorgänge in der Fertigung, die ja bereits durch den Einsatz von Bearbeitungszentren stark reduziert worden war, nochmals zusätzlich bzw. weiterhin verringert wurde. Da bei Ersatzinvestitionen vorrangig solch fortschrittliche Anlagen zur Komplettbearbeitung eingesetzt wurden, erübrigten sich weitgehend die bislang zwischen mehreren Bearbeitungsgängen (bzw. Maschinen) notwendigen Be- und Entlade- sowie zahlreiche Umrüst- und Spannarbeiten.

18 Allein von den sieben im Rahmen unserer Studie untersuchten Herstellern von Industrierobotern für die Beschickung von Werkzeugmaschinen hatten bis 1987 fünf die Fertigung und den Vertrieb ihrer Roboter aufgegeben.

19 Hierdurch wurde zwar die traditionelle Aufteilung in Herstellerspezialisten für Fräs- und Bohrmaschinen einerseits und für Drehmaschinen andererseits nicht in Frage gestellt, ließ aber doch Teilkonkurrenzen auf sich überlappenden Werkstückfeldern entstehen (vgl. etwa NC-Fertigung 1985, S. 170f., und Moderne Fertigung 1986, S. 29f.).

Aufgrund dieser Tendenz und wegen der für einen Einsatz von Industrierobotern grundsätzlich ungünstigeren Aspekte der seitlich situerten Zugänglichkeit von Fräs- und Bohrmaschinen, der komplexen Geometrien prismatischer Werkstücke und ihrer Möglichkeit, in gespannter Ruhelage bearbeitet werden zu können, entwickelte sich, insbesondere für die überwiegende Zahl von Horizontal-Bearbeitungszentren, die **Beschickung durch Paletten**, auf denen die Werkstücke bereits gespannt waren und die auf dem Maschinentisch bzw. auf dem Palettenwechsler fixiert werden, als **die geeignete Zuführalternative**. Zudem ließen sich derartig beschickte Maschinensysteme vergleichsweise problemlos über Palettenspeicher bis zu einem gewissen Ausmaß um Zwischenlager und Transportfunktionen erweitern; durch die Verknüpfung mehrerer (auch zusätzlicher Wasch- oder Meßmaschinen) Bearbeitungszentren mit schienengeführten Paletten- und Transportsystemen und dem Einsatz eines übergeordneten Leitrechners konnten sie sogar zu in sich abgeschlossenen, autarken Fertigungssystemen mit flexibler Beschickung ausgebaut werden. Entscheidend für den Vorzug dieser Beschickungsalternative war dabei auch, daß die Möglichkeit zu ihrer sukzessiven Ausbaufähigkeit offensichtlich zahlreichen Anwenderbetrieben entgegenkam, die unter finanziell begrenzten Spielräume litten.

Ein entscheidender Grund war ferner, daß Bearbeitungszentren (wie übrigens auch weitgehend die Drehmaschinen) sich in ihrer konstruktiven Auslegung auch im Stadium der flexiblen Automation weiterhin vorrangig **an der manuellen Beschickung orientierten** (vgl. etwa bei Bürgel u.a. 1983, S. 9ff, S. 293). Hiervon abgeleitete Beschickungslösungen blieben daher weit eher auf die konkrete Konzeption und Anwendung der Maschine bezogen, als es separate und universell ausgelegte Handhabungssysteme sein konnten, die für ihre komplexen Bewegungen im allgemeinen kaum, vor allem nicht bei Bearbeitungszentren, den notwendigen Bewegungsspielraum vorfanden.

Aber auch die stärkere **Verbreitung integrierter Handhabungssysteme bei Drehmaschinen** (Drehzellen) führte dazu, daß selbst bei diesem Maschinentyp die im Prinzip mögliche isolierte Installation steuerungstechnisch

mit der Maschine verknüpfbarer Industrieroboter eher unterblieb.²⁰ Die auf eine integrierte Beschickung mit Hilfe maschinenbezogen ausgelegter, vergleichsweise einfacher Beschickungseinrichtungen konzipierten Drehmaschinen eigneten sich schwerlich für eine Verknüpfung mit eigenständig konzipierten, mehrachsigen Handhabungssystemen bzw. Industrierobotern.

Zudem zeigte sich, daß selbst dann, wenn eine Beschickungslösung mit eigenständig entwickelten und separat installierten Handhabungssystemen realisiert wurde, Portalladersysteme oder gar Portalroboter den Standby-Industrierobotern vorgezogen wurden. Dies galt auch für die Installation von vorwiegend aus Drehmaschinen bestehenden Mehrmaschinensystemen. Offensichtlich reichten die verschiedenen Vorteile der Verwendung von Linien- oder Flächenportalen (etwa hinsichtlich des größeren Bewegungsraumes, der Zugänglichkeit von oben, der Leistungsfähigkeit bei größeren Werkstückgewichten, der Flurfreiheit usw.) dazu aus, daß auch diese für eigenständige Industrieroboter potentiellen Einsatzfelder eher von Portalladern oder Portalrobotern besetzt wurden.²¹

(b) Die Durchsetzung spezifischer Beschickungssysteme wurde auch entscheidend durch grundsätzliche Tendenzen und insbesondere durch die Probleme bei der **Einführung flexibler Fertigungssysteme** (vgl. etwa bei Steinhilper 1984, S. 38) mit beeinflusst. So war die Entwicklung flexibler Fertigungssysteme bis Mitte der 80er Jahre dadurch geprägt, daß sich das Schwergewicht von den Systemen mit sich ergänzenden zu solchen mit sich ersetzenden Maschinen verschob, und daß die Dimensionierung der Systeme generell stark rückläufig war. In beiden Tendenzen schlugen sich die Effekte der Komplettbearbeitung nieder: Einerseits konnte die Zahl der Maschinen in Relation zu den Bearbeitungsvorgängen im System reduziert werden, da das Erfordernis sich ergänzender Bearbeitungsschritte wegfiel. Andererseits aber verringerte sich auch der Aufwand und die Komplexität der Handhabungsaufgaben innerhalb der Systeme. Die bei Einzelmaschi-

20 Nachträgliche Adaptionen von Industrierobotern an Drehmaschinen waren, zumindest während unseres Untersuchungszeitraumes, eher die Ausnahme und bedurften eines erheblichen Entwicklungsaufwandes (vgl. NC-Fertigung 1982, S. 28f.).

21 Vgl. dazu etwa die Ausführungen bei Bürgel u.a. 1983 und die Einschätzungen in Roboter 1985a, S. 64ff.

nen oder Fertigungszellen vorrangig realisierten Beschickungsalternativen konnten so vorzugsweise auch in kleineren flexiblen Fertigungssystemen Verwendung finden; der Einsatz von Industrierobotern spielte auch bei derartigen Mehrmaschinensystemen nur eine geringe Rolle.²²

Industrieroboter wurden daher - nach unseren Befunden - eher innerhalb großer Fertigungssysteme eingesetzt, wo sie informationstechnisch in eine systemübergreifende Steuerung eingebunden wurden. Der für ihre Integration notwendige Entwicklungs- und Adaptionaufwand konnte freilich in der Regel nur von wenigen großen Anwenderbetrieben geleistet werden, in denen dafür geeignete Werkstückspektren gefertigt wurden: insbesondere einfachere, vor allem leicht zu greifende Teile mit geringem Gewicht und vergleichsweise kurzen Bearbeitungszeiten, die tendenziell in größeren Serien hergestellt wurden, Teile also, bei denen die Vorteile von Industrierobotern spürbar zum Tragen kommen konnten.²³ Dennoch erwies sich der dazu erforderliche enorme entwicklungstechnische Aufwand in vielen Fällen auch als Durchsetzungsbarriere: So setzt die automatisierte Handhabung durch Industrieroboter etwa bei kleineren Losgrößen mit großen Teilespektren eine aufwendige und funktionsfähige Peripherie in der Teilebereitstellung und in der Teileabführung voraus; die organisations- und steuerungstechnische Ankoppelung der Industrieroboter an übergeordnete Rechner macht umfassende organisatorische Veränderungen im Transport- und Lagerbereich, in der Fertigungssteuerung oder gar in der Konstruktion sowie aufwendige Software-Entwicklungsarbeiten notwendig; ein Aufwand, an dem solche Konzepte vielfach scheitern mußten.

(c) Eine wenig auffällige und dennoch bedeutsame Alternative der Technisierung in diesem Bereich war über lange Zeit und in vielen Fällen der **Eigenbau von Beschickungsanlagen und -einrichtungen**, was insbesondere

22 Dies machen Befunde bei Fix-Sterz u.a. 1986, insbes. auf S. 13f., deutlich, wonach bei FFS mit drei bis fünf Maschinen der Einsatz eigenständiger Portallader und Industrieroboter jeweils bei unter 10 % lag.

23 Typisch hierfür war etwa die Installation eines flexiblen Fertigungssystems in einem Untersuchungsbetrieb, in dem einfache, kurzzyklisch bearbeitbare Armaturenteile in vergleichsweise großen Serien vom Industrierobotern in die Spannvorrichtung der Bearbeitungszentren eingelegt und dort in ein bis zwei Aufspannungen komplett abgearbeitet wurden. Eine ähnliche Einsatzsituation wird in NC-Fertigung 1984, S. 40f., geschildert.

in den kleineren und weniger finanzkräftigen Anwenderbetrieben eine wichtige Rolle spielte. Dabei zeigte sich, daß zahlreiche Betriebe **einfachere Beschickungstechniken**, als es z.B. komplexe Industrieroboter oder Portalladersysteme sind, erwarben und entsprechend adaptierten, evtl. nur Komponenten zukaufen und zusammenbauten oder gar solche Techniken selbst entwickelten; kleindimensionierte Lösungen, die für die angestrebten Automatisierungsziele oft völlig ausreichten (vgl. etwa auch Bahke 1987, S. 16), zumal derartige in Eigenregie "maßgeschneiderte" Lösungen im Normallauf zunächst weniger Schwierigkeiten erwarten ließen und zudem eher finanziert werden konnten (auch wenn sie vielfach, insbesondere bei nachgerüsteten Maschinen und der Verknüpfung mit fremden Steuerungstechniken, auch Probleme nach sich ziehen konnten). Gerade in der Kleinserienfertigung vieler Einzel- und Anpaßfertiger des Werkzeugmaschinenbaus, also jenem Feld, in dem ursprünglich (auch) der breitere Einsatz von Industrierobotern erwartet worden war, dürften sich solche Lösungen als eine echte Konkurrenz ausgewirkt haben.

(3) Als das entscheidende Durchsetzungshindernis erwies sich nach unseren Befunden vor allem der **unzureichende Anwendungsbezug** zahlreicher Industrieroboter-Hersteller. Abgesehen von Fehleinschätzungen über die Bedeutung konkurrierender Techniklinien, hatte sich eine große Zahl dieser Hersteller zu wenig mit der Werkstückhandhabung an Werkzeugmaschinen befaßt und/oder ihre Produktpalette entsprechend falsch ausgelegt. Dazu gehörte auch, daß zu jener Zeit bereits alternative Lösungen für die Werkstückhandhabung entwickelt und auf ganz bestimmte Anwendungsformen hin konzipiert waren, als über die Komplexität von Handhabungsfunktionen und unterschiedlichste Lösungsmöglichkeiten noch vergleichsweise wenig Know-how existierte.²⁴ So wurde vielfach übersehen bzw. vernachlässigt, daß zwischen den Funktionen der Werkstückhandhabung einerseits und den Bewegungsfunktionen bei der Werkzeugführung andererseits, aber auch zwischen den unterschiedlichsten Bearbeitungsaufgaben - aufgrund der extremen Heterogenität in der Geometrie und im "Verhalten" von Werkstücken und Teilefamilien sowie auf Grund des schwankenden Anfalls an zu fertigenden Teilen - in den jeweiligen Einsatzfeldern und Betrieben, zum Teil erhebliche und oft subtile Unter-

24 Der Aufschwung in der Handhabungsforschung Anfang der 80er Jahre wird eindrucksvoll in den Beiträgen in PFT 1981 oder in Bürgel u.a. 1983 belegt (vgl. hierzu insbesondere die Ausführungen von Hopfengärtner 1981, S. 57).

schiede bestanden; Unterschiede, die letztlich aber über die konkreten Automatisierungserfordernisse in der Beschickung entschieden, deren Berücksichtigung aber bei einer vergleichsweise anwendungsdistanzierten Entwicklung von Handhabungsgeräten kaum möglich war.

Experten sprachen daher von vergleichsweise naiven Realisierungsvorstellungen bei vielen Herstellern und Betreibern, die bei der Werkstückhandhabung an Werkzeugmaschinen lediglich das Einlegen von Werkstücken in Spannvorrichtungen bzw. deren Entnahme vor Augen hatten und primär von dem Ziel geleitet waren, derartige Arbeiten zu automatisieren und Arbeitskräfte einzusparen. Wirtschaftliche Vorteile standen dementsprechend zunächst im Vordergrund.

Als weit entscheidender für den Einsatz entsprechender Beschickungstechniken stellte sich aber die Notwendigkeit heraus, daß bereits im Planungs- und Konzipierungsstadium alle für die Handhabung relevanten Werkstückaspekte im je konkreten Fall erfaßt und analysiert werden mußten, um die geeignete, technisch-organisatorisch und wirtschaftlich optimale Beschickungsalternative (darunter evtl. auch eine Nicht- oder Teilautomatisierung) ermitteln zu können. Der jeweilige Anwendungsbezug kam daher spätestens im konkreten Projektierungsfall zum Tragen bzw. mußte dann, soweit noch möglich, nachträglich hergestellt werden.

Dieser fehlende Anwendungsbezug spielte in doppelter Weise eine wesentliche Rolle für die Frage, warum bestimmte Beschickungsalternativen gegenüber den Industrierobotern, aber auch anderen Handhabungssystemen, vorgezogen wurden; hierauf wird auch weiter unten unter Ziffer (5) noch näher eingegangen. Zunächst konnte der fehlende Anwendungsbezug hinsichtlich bestimmter **technisch funktionaler Aspekte** deutlich werden:

- o Als Hindernis erwies sich offenbar die vielfach a priori als Vorteil eingeschätzte Besonderheit des Industrieroboters: seine **Universalität**²⁵ hinsichtlich Beweglichkeit und Einsatzbereiche. Entsprechend war der

25 Auch die Definition im Richtlinienentwurf zur VDI 2860 ging ja davon aus, daß Industrieroboter universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mindestens drei Achsen sind, deren Bewegungen ohne mechanischen Eingriff flexibel programmierbar sind und mit Fertigungsmitteln, wie z.B. Greifern und Werkzeugen, ausgerüstet werden können.

größte Teil solcher Handhabungssysteme für einen vielseitigen Einsatz ausgelegt (vgl. Roboter 1984a, S. 26f.). Die Absicht der meisten Industrieroboter-Hersteller, sich damit den Zugang zu möglichst vielen Märkten und Einsatzfeldern offenzuhalten, kollidierte dabei offensichtlich zumeist mit der Notwendigkeit, einen ausreichenden Anwendungsbezug ihrer Geräte sicherstellen zu müssen. Viele Systeme waren von daher einerseits zu komplex und überdimensioniert ausgelegt, andererseits konnten entscheidende Anforderungen im konkreten Anwendungsfall (etwa der Schnittstellenbeherrschung) oft nicht oder nur mit erheblichem (Zusatz-)Aufwand adäquat erfüllt werden. Sinn und Realisierbarkeit des universellen Einsatzes von Industrierobotern wurden daher immer häufiger in Frage gestellt (so etwa auch Kreis 1985, S. 38f.).

- o Insbesondere aber auch die jeweilige **Werkstückkomplexität und die Greiferproblematik** schienen in vielen Fällen schon bei der Umstellungsprojektierung, oft aber auch erst nach der Installierung von Handhabungssystemen (vgl. Klaczko, Künne 1984, S. 22f.), gegen den Einsatz von Industrierobotern im spanenden Bereich zu sprechen. Die geometrische Vielfalt der Teile, insbesondere die Komplexität und Unregelmäßigkeit prismatischer Werkstücke, wirkte sich hinderlich für einen Industrierobotereinsatz aus: vor allem dann, wenn die Anzahl unterschiedlich gestalteter Werkstücke sehr hoch war und damit der Vorteil einer flexiblen Beschickung bei kleinen Stückzahlen durch den Nachteil einer umständlichen und zeitaufwendigen Greiferumrüstung und/oder durch den Einsatz häufig zu wechselnder, komplizierter und kostspieliger Spannvorrichtungen zunichte gemacht wurde.
- o Eine entscheidende anwendungsbezogene Barriere stellte auch die **steuerungstechnische Integrationsfähigkeit** von Industrierobotern in bestehende oder neu zu installierende Anlagen- und Maschinensysteme dar. Als Problem konnte sich dies entweder in einer mangelhaften steuerungstechnischen Verknüpfbarkeit solcher Handhabungsgeräte mit mehreren, evtl. verschiedenen Werkzeugmaschinen oder aber in einem langwierigen, oft nicht absehbaren und finanziell erheblichen Aufwand zur Anpassung von Industrierobotersteuerungen an fremde Maschinensteuerungen äußern; Schwierigkeiten zeigten sich vor allem bei ihrer Einbindung in übergeordnete Leitrechnersysteme.

(4) Als spezifisches Durchsetzungsproblem erwies sich (daher) die oft **fehlende** bzw. aufgrund von Folgekosten und Zusatzaufwendungen **nicht realisierbare Wirtschaftlichkeit** des Industrieroboters. So machten **Entwicklungs- und Investitionsfolgekosten** (etwa für die Lösung von Greiferproblemen oder für den systemtechnischen Aufwand) die a priori angestrebten wirtschaftlichen Vorteile eines universell einsetzbaren Handhabungsgeräts in der konkreten Anwendung häufig zunichte - z.T. erst zu einem erheblich späteren Zeitpunkt. Umgekehrt brachte die zunehmende kalkulatorische Berücksichtigung solcher Folgekosten bzw. Kostenrisiken oft bereits beim Marktvergleich die ökonomischen Vorteile einer Industrieroboterbeschickung zum Schwinden.

Bedeutsam hierfür war ferner, daß das **Argument der Wiederverwendbarkeit** des Industrieroboters, das sich auf seine Universalität beim Wechsel von Fertigungssystemen auf völlig andere Werkstückfamilien oder Produkte (Umstellungsflexibilität!) stützte, im Laufe der Zeit an Bedeutung verloren hatte.²⁶ Als Kostenvorteil Anfang der 80er Jahre als besonders wichtig und für die Durchsetzung entscheidend hervorgehoben, spielte dies aufgrund der im Zuge der konjunkturellen Entwicklung veränderten Vorstellungen der Anwenderbetriebe hinsichtlich kürzerer Kapitalrückflußzeiten eine immer geringere Rolle. Amortisationszeiten von ein bis eineinhalb Jahren, wie sie von den Anwendern vielfach verlangt wurden, ließen sich angesichts der geschilderten Spezifizierungs- und Adaptionsprobleme im spanenden Bereich - trotz der zweifellos erheblichen und einen Einsatz von Industrierobotern zumeist auslösenden arbeitssparenden Effekte - von den Handhabungsherstellern kaum realisieren, zumal das Wiederverwendungsargument bei der reinen Werkstückhandhabung nach Einschätzung von Herstellerexperten in der Praxis nur selten zutrifft.

Entscheidend aber war schließlich vor allem, daß in den meisten Anwendungsfällen im spanenden Bereich der Kleinserienfertigung die **manuelle Beschickung** der Maschinen (auch in Form teilautomatisierter Handhabungslösungen) und damit die Durchführung wichtiger Handhabungsaufgaben (wie Paletten bestücken, Werkstücke spannen und entspannen etc.) durch die Maschinenbediener selbst und/oder durch besondere Rüst- und Spannarbeitskräfte nach wie vor die **wirtschaftlichere Alternative** darstel-

²⁶ Vgl. für den Einsatz von Industrierobotern in der Automobilindustrie Malsch u.a. 1985, S. 166.

len (und von daher auch heute noch die häufigste Form der Beschickung in diesem Bereich sein dürfte).

Dies ist vor allem dann der Fall, wenn komplexe oder empfindliche prismatische Werkstücke vor ihrer Bearbeitung sorgfältig gespannt werden müssen, und/oder die Handhabung von Spannvorrichtungen äußerst schwierig und deshalb kaum automatisierungsfähig ist (Verspannungs- bzw. Beschädigungsrisiken!), zumal der Einsatz selbsttätig (hydraulisch) spannender Vorrichtungen, flexibler Werkstück-Greifersysteme und Sensoreinrichtungen für das Greifen, Ablegen und Justieren von Werkstücken in der spanenden Fertigung - trotz erheblicher Entwicklungsanstrengungen (vgl. weiter unten) - bislang eher bescheiden geblieben ist (vgl. etwa NC-Fertigung 1984c und Kreis 1985, S. 40). Hinsichtlich ihrer sensorischen Fähigkeiten und hinsichtlich ihrer "Umstellungsflexibilität" ist die menschliche Arbeitskraft in einer Vielzahl der Fälle offensichtlich auch gegenwärtig noch die flexibelste und damit wirtschaftlichste Beschickungsalternative gegenüber dem Industrieroboter. Zudem erlauben manuelle oder teilautomatisierte Zuführungs- und Beschickungslösungen, daß die mit der Werkstückhandhabung beauftragten Arbeitskräfte gleichzeitig auch noch andere, nach wie vor relevante Funktionen (wie z.B. Bedienungs- und Kontrollaufgaben, informatorische Funktionen) ausüben können.

Im Ergebnis gab damit die Wirtschaftlichkeit bzw. Nichtwirtschaftlichkeit (teil-)automatisierter Beschickungslösungen - und die darin berücksichtigten Nachteile des vielfach fehlenden Anwendungsbezugs bzw. der zusätzlich erforderlichen Anpassungskosten - letztendlich den Ausschlag für die geringe Verbreitung des Industrieroboters in der Werkstückhandhabung an spanenden Werkzeugmaschinen. Der Industrierobotereinsatz erfolgte nicht dort, wo er sich nach grundsätzlichen Erwägungen der Experten am ehesten geeignet hätte, nämlich in Betrieben und Fertigungsbereichen mit einer hohen Teilevielfalt bei geringen Stückzahlen, wie dies gerade in der Kleinserienfertigung des Maschinenbaus der Fall ist. Gerade dort verband sich mit der Automatisierung von Beschickungsvorgängen aber immer auch die Bedingung, daß technische Lösungen die bisherige Fertigungsflexibilität gewährleisten müssen. Ferner mußte sie organisatorische Formen zulassen, in denen die - weiterhin notwendigen - Vorzüge menschlicher Arbeitskraft und Qualifikationen gesichert und genutzt werden können. Diese Bedingung konnte mit dem Einsatz von Industrierobotern, der vorrangig eine Automatisierung von Handhabungsfunktionen mit dem Ziel der Substituierung von Arbeitskraft anstrebt, nur schwerlich erfüllt werden. Der eigentliche Anwendungsbereich für eine Beschickung mit Hilfe von Industrierobotern wurde nach Einschätzung der meisten Experten (inzwischen) vielmehr vorwiegend dort gesehen, wo verhältnismäßig einfache Werkstücke mit geringer Teilevielfalt und vergleichsweise kurzen Bearbei-

tungszeiten in großen Stückzahlen gefertigt werden müssen (so auch Raab 1987, S. 50f.); vor allem aber konzentrierte sich sein Einsatz verstärkt auf Felder außerhalb der Maschinenbeschickung, insbesondere auf die Werkstückhandhabung in den Montagebereichen anderer Branchen.

(5) Vergleicht man die Ausgangslage Ende der 70er/Anfang der 80er Jahre mit den Befunden in der zweiten Hälfte der 80er Jahre, so stellt sich die Frage, wie es zu dieser **Innovationswelle** im Bereich der Werkstückhandhabung, insbesondere zur gezielten Entwicklung von eigenständigen Handhabungssystemen für den Bereich der Klein- und Mittelserienfertigung im Werkzeugmaschinenbau, aber auch wie es zum **Scheitern des Industrieroboters** in diesem Anwendungsbereich kommen konnte. **Hintergründe und Einflußfaktoren** für diese Entwicklung sind vor allem in generellen ökonomischen Hemmnissen, in **grundsätzlichen** Problemen eines fehlenden, weil völlig neuen Anwendungsbezugs und im spezifischen Beitrag von Forschung und der Forschungsförderung zu suchen; eine entscheidende Rolle spielten dafür auch zunehmende Veränderungen in den Anwenderanforderungen und der grundlegende Wandel der Hersteller-Anwender-Beziehungen, worauf in Kapitel V gesondert einzugehen sein wird.

(a) Die Bestrebungen zur flexiblen Automatisierung hatten vergleichsweise sprunghaft in einer konjunkturellen Phase begonnen, in der die beteiligten (Hersteller- und Anwender-)Betriebe wirtschaftlich und fertigungstechnisch problematische Voraussetzungen aufwiesen, strukturell nicht ausreichend vorbereitet waren und die technologischen Ansatzpunkte und Entwicklungsperspektiven weitgehend intransparent waren. So gesehen, stellte die (erfolglose) Durchsetzung von Industrierobotern im angesprochenen Bereich keine isolierte technische Entwicklung dar; sie vollzog sich vielmehr in einem langwierigen, durch verschiedene andere technologische Entwicklungen geprägten und von seinem Entwicklungsfortschritt in der Praxis eher verzögert ablaufenden Technisierungsprozeß.²⁷ Generell als hinderlich erwiesen sich dafür insbesondere die **restriktiven markt- und kapitalbezogenen Rahmenbedingungen**:

27 Damit ist auch auf die immer wieder aufkommende, prinzipiell falsche Fragestellung nach den arbeitskraftbezogenen Folgen einer bestimmten Technologie verwiesen (vgl. dazu exemplarisch für die Auswirkungen von Expertensystemen als eine der jüngsten technologischen Entwicklungen Lutz, Moldaschl 1989).

- o Gerade die potentiellen Anwender komplexer Fertigungstechniken im Maschinenbau hielten sich in der rezessiven Phase Anfang der 80er Jahre trotz der verbreiteten Einsicht, daß gerade jetzt eine Modernisierung notwendig wäre, mit dem Kauf bzw. dem Einsatz innovativer Techniken stark zurück (vgl. NC-Report 1982; NC-Fertigung 1984a). Bremsende Effekte ergaben sich zudem aus der bislang geringen Praxis und dem fehlenden Know-how in den kleinen und mittleren Betrieben dieser Branche hinsichtlich der Anwendung moderner, auf mikroelektronischer Basis konzipierter Anlagen. Solche Diffusionshindernisse wirkten sich vor allem für den Einsatz von Handhabungssystemen und von Industrierobotern negativ aus.
- o Nicht zu unterschätzen war in diesem Zusammenhang auch der sich in einer tendenziellen Reduzierung der Nachfrage nach fortschrittlichen Werkzeugmaschinen, aber auch nach konventionellen Maschinen, niederschlagende Effekt, daß der Einsatz solcher Anlagen aufgrund ihrer höheren Produktivität - indem sie gleichzeitig mehrere Maschinen der älteren Generation ersetzen können und von den Betrieben aus Amortisierungsgründen tendenziell "rund um die Uhr" genutzt werden - letztlich den Ersatzbedarf an neuen Fertigungsanlagen auf Dauer erheblich verringert (so auch NC-Fertigung 1984d).
- o Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit flexibel automatisierter Anlagen, ein für die Beschaffungs- und Investitionsentscheidungen kleinerer und mittlerer Betriebe des Maschinenbaus geradezu unabdingbares und überlebensnotwendiges Kriterium, ließ sich - mit zunehmendem Komplexitäts- und Integrationsgrad der Anlagen - nur noch sehr unzureichend durchführen; für viele Betriebe ein Hinderungsgrund, zumal der Aufwand für derartige Automatisierungsschritte die bisherigen Investitionssummen im allgemeinen weit überstieg.
- o Ihre geringe finanzielle Ausstattung und die Kostenrisiken beim Kauf automatisierter Lösungen veranlaßte, wie erwähnt, viele Anwenderbetriebe dazu, statt der Anschaffung komplexer Fertigungstechniken selbst Automatisierungslösungen zu entwickeln bzw. zugekaufte fertigungstechnische Komponenten in eigener Regie zusammenzustellen oder zu ergänzen.

- o Für zahlreiche Technikhersteller (insbesondere die Newcomer unter ihnen) ergaben sich hohe Marktzugangsschwellen auf dem bislang fremden Produktfeld der Handhabungstechniken. Die Anwenderbetriebe entwickelten häufig grundsätzliche und erhebliche Vorbehalte gegenüber jenen Herstellern, die sich bisher nicht mit bestimmten Automatisierungstechniken befaßt hatten, selbst wenn diese aus der eigenen Maschinenbau-Teilbranche stammten und von daher ein Anwendungsbezug gesichert schien.
- o Aufwand und Risiko des Einstiegs in die Konzipierung und Lieferung von Automatisierungstechniken erwiesen sich im Laufe der Entwicklungsarbeiten für viele, vor allem aus dem Maschinenbausektor stammende, Hersteller als zu hoch. Von daher fiel einerseits der notwendige Aufbau des informations- und steuerungstechnischen Know-hows sowie entsprechender Abteilungen bei den Herstellern aus Kapazitäts- und Kostengründen vielfach zu schleppend und zu gering aus; andererseits schlug sich dies nicht selten auch in der Konzipierung und Lieferung suboptimaler, am Markt vergleichsweise erfolgloser technischer Lösungen nieder.
- o Schließlich gerieten die Hersteller von Automatisierungstechniken dadurch, daß sie schrittweise mit ihren Produkten bislang fremde Produktfelder des Technikmarktes betraten, in eine verstärkte markt- und konkurrenzmäßige Auseinandersetzung mit anderen Teilbranchen, was aber wiederum den zeit- und kostenaufwendigen Aufbau gleichwertiger Kompetenzen erforderte.

(b) Abgesehen von diesen generellen Restriktionen stellt sich die Frage, wie es zu den weiter oben skizzierten Aspekten eines nicht ausreichenden Anwendungsbezugs durch die Hersteller kommen konnte, zumal nach unseren Befunden in diesen Defiziten ja die entscheidenden Ursachen für das Engagement wie für das Scheitern vieler Hersteller von Handhabungseinrichtungen und insbesondere von Industrierobotern lagen. Hinter diesen einzelnen Aspekten steht unseres Erachtens vor allem ein **grundsätzlicher Zusammenhang**, der für die Maschinenbaubetriebe generell zunehmend bedeutsam wurde, der sich aber gerade für die Hersteller von Beschickungs- und Handhabungstechniken besonders gravierend auswirkte. Durch die veränderten und neuartigen Anforderungen ihrer Abnehmer wurde der bisherige Anwendungsbezug der Technikhersteller,

vorrangig orientiert auf separat und isoliert entwickel- und installierbare Einzeltechniken, immer mehr in Frage gestellt. Neue (systemische) Rationalisierungsstrategien bei den Anwendern von Fertigungstechniken richteten sich auf teilprozeß- und bereichsübergreifende Aspekte und auf die Integration des gesamten Produktionsprozesses und nicht mehr auf die Leistungsfähigkeit einzelner Bearbeitungsprozesse oder den Nutzungsgrad einzelner Anlagen. Für diese technischen und organisatorischen Aspekte zur Verknüpfung verschiedener Fertigungsschritte (und ihrer vor- und nachgelagerten Funktionen) zu umfassenden fertigungstechnischen Lösungen, deren Gestaltung bislang praktisch ausschließlich im Kompetenz- und Entscheidungsbereich der Anwenderbetriebe lag, **fehlte** den meisten Technikherstellern jedoch, auch wenn sie produkt- und maschinentechnisch ähnliche Fertigungsprozesse aufwiesen, der dazu notwendige **systemisch orientierte Anwendungsbezug**; er fehlte um so mehr, als ja gerade die dabei entscheidenden integrativen Momente in der Produktion selbst zunehmend zum Gegenstand der Technisierung werden sollten:

Während die technischen Neuerungen der Maschinenhersteller bislang primär Produktinnovationen waren, mit denen arbeitsplatz- oder teilprozeßbezogene Anlagen beim Anwender ersetzt oder verbessert wurden, stellten die von ihnen schrittweise weiterentwickelten flexibel automatisierten Techniken einschließlich der Handhabungseinrichtungen gleichzeitig immer mehr auch **weitreichende Prozeßinnovationen für die Anwender** (und potentiell für sich selbst) dar. Mit diesen Innovationen wurden die Hersteller zunehmend in die Gestaltung der gesamtbetrieblichen Abläufe ihrer Abnehmerbetriebe involviert, da sie für deren integrativ orientierten Rationalisierungsformen die notwendigen fertigungstechnischen (Komplett-)Lösungen zu liefern hatten. Gerade aber für diesen zunächst erweiterten und allmählich grundlegend neuen Bezug auf den gesamten Prozeß beim Anwender fehlte es nach unseren Befunden bei vielen Herstellern von Fertigungstechniken generell, aber besonders bei zahlreichen Lieferanten von Handhabungstechniken, an Einblick, Erfahrung und Wissen.

Entscheidend waren also nicht so sehr unzureichende Einschätzungen hinsichtlich des allgemeinen Automatisierungspotentials und hinsichtlich der Vielfalt von Handhabungsprozessen; vielmehr mangelte es an der grundlegenden Durchdringung der konkreten Anwendungssituationen und am Know-how über bestehende (betriebsspezifische) Fertigungsstrukturen und das Ineinandergreifen der Abläufe beim Anwender (wozu auch die

vielfältigen konstruktiven und fertigungsbezogenen Momente des Werkstückverhaltens, die Unterschiedlichkeit und das jeweils mengenmäßige Aufkommen der zu fertigenden Teile gehören). Vor allem fehlte es zu-
meist auch an den Voraussetzungen, das hierzu notwendige Wissen zu erwerben **und** dieses in die je konkrete Produktkonzeption einfließen zu lassen.

- o Ursächlich für diesen Mangel war einmal, daß mit dem "Objekt" der Automatisierung von Beschickungsprozessen ein Feld beschritten wurde, das für den Werkzeugmaschinenbau nicht nur produkttechnisch neu war, sondern auch völlig **neuartige Leistungen der Produktentwicklung und des Herstellerservice** mit sich brachte. Entwicklung und Lieferung technischer Lösungen zur Automatisierung der Beschickung und anderer Fertigungsfunktionen entsprachen immer weniger den traditionellen Strukturen der Hersteller-Anwender-Beziehung; solche Lösungen umfaßten tendenziell die technische und organisatorische Anbindung der Fertigungsanlagen an das Umfeld innerhalb des Anwenderbetriebs. Es waren zusätzliche Leistungen der Projektierung und der konkreten Implementation kompletter Fertigungsanlagen, einschließlich der Gestaltung der Peripherie und der mehr oder weniger engen Einbindung in den gesamten Fertigungsprozeß des Anwenders zu erbringen. Das Risiko, nicht ausreichend anwendungsbezogen konzipierte Lösungen zu liefern, war dabei insbesondere für viele Hersteller von Handhabungseinrichtungen groß; gerade sie lieferten ja Teiltechniken für die Verknüpfung von Fertigungseinrichtungen und für die Integration betrieblicher Fertigungsabläufe und Materialflüsse. Probleme bekamen daher nach unseren Befunden vor allem jene Hersteller von Industrierobotern, die neu in den Handhabungssektor eingestiegen waren, ohne ihre Geräte oder einen Teil ihres Gerätespektrums auf konkrete Einsatzfelder ausgelegt und daraufhin erprobt zu haben.²⁸

28 Bezeichnend hierfür ist etwa auch, daß die von einem Automobilhersteller - als dem damals zweitgrößten deutschen Roboterhersteller - äußerst anwendungsspezifisch entwickelten und in großer Zahl in der eigenen Fertigung eingesetzten Industrieroboter praktisch nicht auf den Markt gelangt waren und - nach Versicherung zahlreicher Experten - dort wohl auch nur wenige Käufer gefunden hätten (vgl. dazu auch Roboter 1987, S. 66f.).

- o Eine wichtige Rolle spielte dabei auch die unerwartet große **Kluft im Verständnis zwischen Herstellern und Anwendern** von Fertigungstechniken darüber, welche Produktionsmittel wie maschinentechnisch ausgestattet sein sollten, um anwenderspezifische Anforderungen an Gestalt, Geometrie, Zahl und Spektrum von Werkstücken am besten erfüllen zu können. Trotz der gemeinsamen Branchenzugehörigkeit und der vergleichbaren qualifikatorischen Herkunft der Fachleute bei Herstellern und Anwendern von Maschinen, auch innerhalb des Werkzeugmaschinenbaus selbst, verhinderte die bisherige Struktur des Verkäufermarktes die Entwicklung geeigneter kooperativ geprägter Marktbeziehungen, mit denen potentielle Fehlentwicklungen oder suboptimale Lösungen bei der Konzeption und Installation technischer Neuerungen hätten vermieden werden können. Selbst intensive Problemanalysen durch die Hersteller vernachlässigten häufig allgemeine technische und organisatorische Gegebenheiten des Anwenderbetriebs und seines Fertigungsprozesses und blieben allzusehr den rein fertigungstechnischen Elementen verhaftet. Entsprechend wurden vielfach spezifische Voraussetzungen oder Effekte von Automatisierungsschritten (etwa hinsichtlich der Veränderung der Arbeitsorganisation, der Arbeitsinhalte, der Qualifikationsanforderungen) nicht berücksichtigt, was wiederum die Funktionsfähigkeit solcher Techniklösungen einschränken sowie Friktionen und Veränderungen in den vor- und nachgelagerten Bereichen nach sich ziehen konnte; solche Aspekte wurden den Anwendern allerdings - insbesondere bei längeren Implementationsprozessen - verstärkt als Probleme der Installation von Gesamtlösungen bewußt oder aber sie wurden als Defizite in das Technikangebot projiziert (s. dazu weiter unten).
- o Bedeutsam war ferner, daß die Hersteller flexibler Automatisierungslösungen nicht nur ablauf- und systemtechnische sowie organisatorische Weiterungen berücksichtigen mußten, sondern in der Regel auch die **geeigneten Steuerungstechniken, die datentechnischen Schnittstellen**, die Peripherie und die informationstechnische Einbindung zu liefern und häufig selbst zu entwickeln hatten; Anforderungen, denen sie vielfach finanziell, wissensmäßig und organisatorisch nicht gewachsen waren, denen sie sich aber weitgehend nicht entziehen konnten. Auch hierunter litt der notwendige, auf optimale Integration ausgegerichtete Anwendungsbezug, insbesondere bei Herstellern von Industrierobotern, deren Handhabungsgeräte bislang eher als eigenstän-

dige und singular installierte Einrichtungen konzipiert waren, für deren Verkauf aber die Erbringung projektierungs- und systemtechnischer Leistungen zunehmend zur Grundvoraussetzung wurde.

- o Negative Erfahrungen beim anfänglichen Einsatz von Handhabungssystemen hatten schließlich diesen Eindruck eines unzureichenden Anwendungsbezugs potenziert und sowohl in den betroffenen Betrieben als auch bei potentiellen Anwendern die **Skepsis gegenüber neuen flexiblen Fertigungstechniken** verstärkt. Von daher neigten viele Anwenderbetriebe einmal dazu, **komplette Problemlösungen** von den Technikherstellern abzuverlangen und sie für deren Funktionsfähigkeit verantwortlich zu machen (was zahlreiche Hersteller in erhebliche Schwierigkeiten brachte); zum anderen aber tendierte ein großer Teil der Betriebe auch dazu, den Weg der Fertigungsautomatisierung nur sehr zögernd einzuschlagen, um das Risiko langwieriger und mit hohen Folgekosten verbundener Umstellungsmaßnahmen, bei denen letztlich für ihre Anwendungsbedürfnisse nur suboptimale fertigungstechnische Lösungen herauskommen (können), möglichst nicht einzugehen.

(c) Eine wesentliche Rolle spielte in diesem Zusammenhang auch die seit Mitte der 70er und vor allem seit Anfang der 80er Jahre erheblich forcierte Förderung der Technikforschung. So verwiesen zahlreiche Experten darauf, daß hierdurch der Innovationsschub, insbesondere auch bei den Handhabungstechniken, wenn nicht ausgelöst, so doch zumindest erheblich beschleunigt wurde; die Entstehung anwendungsfähiger und marktgängiger technischer Neuerungen sei aber vor allem von den absatz- und entwicklungspolitischen Bemühungen der Technikhersteller, zumindest im Werkzeugmaschinenbau - und zwar nur auf der Basis anwendungs- und praxisbezogener Entwicklungsarbeiten der Betriebe selbst -, getragen worden. Im Gegensatz dazu war die öffentliche Förderung von Technikprojekten eher auf die breite Unterstützung verschiedenster Projektideen - von der Erarbeitung von Grundlagenerkenntnissen in den verfahrens- und informationstechnischen Bereichen bis hin zu unterschiedlichen fertigungstechnischen Automatisierungslösungen - ausgerichtet. Auch wenn Forschungsförderung damit zur Innovationsentwicklung auch im Handhabungsbereich erheblich beigetragen hat, so ist nicht zu verkennen, daß ein Großteil der auf dieser Grundlage durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sich auf die Erarbeitung spezifischer technikkwissen-

schaftlicher Grundlagen beschränkte, deren Verknüpfung mit Erkenntnissen aus anderen Teildisziplinen oder aufgrund bereits konkret eingesetzter Techniken freilich nicht oder nur selten stattfand (vgl. hierzu etwa NC-Report 1983, S. 28ff.). Zahlreiche Technikprojekte blieben daher auf die Entwicklung von Prototypen beschränkt, ihre Umsetzung in marktgängige Produkte scheiterte entweder an der Realitätsferne ihrer Konzeption (bzw. ihrer Promotoren) oder an den fehlenden Umsetzungsressourcen der jeweiligen Institute oder Betriebe (Stichwort: mobiler Industrieroboter).

Abgesehen von erheblichen **Mitnahmeeffekten** hinsichtlich ohnehin beabsichtigter Technikentwicklungen oder der grundsätzlichen Sondierung technischer Alternativen, wurden so durch die öffentliche Förderung auch betriebliche Produktentwicklungen möglich und vorangetrieben (sogar in Form von Betriebs- und Abteilungsgründungen), die nicht den Filter des Marktes bezüglich Marktgängigkeit, Wettbewerb und Anwendungsbezug passieren mußten. Die breit ansetzende Förderpolitik jener Jahre hat damit **auch einzelne Fehlentwicklungen** mitbegünstigt bzw. verstärkt, indem Fertigungstechniken gefördert wurden, die nicht genügend auf konkrete Einsatzfelder und Anforderungserfordernisse zugeschnitten waren bzw. in der Konkurrenz mit alternativen Lösungen unterliegen mußten; hierfür scheint die Entwicklung bei den Industrierobotern symptomatisch.

Als problematisch wurden aber auch jene Forschungsergebnisse staatlich geförderter Technikvorhaben betrachtet, die sich durch einen allzu engen Anwendungsbezug auf ganz spezifische Probleme des Untersuchungsbetriebs auszeichneten, deren Nutzung also nur dort gesichert ist und deren Übertragbarkeit und Adaptierbarkeit auf die Situation in anderen Betrieben praktisch ausgeschlossen ist.

Art und Umfang der Forschungs- und Technologieförderung trugen damit, auch nach Einschätzung zahlreicher betrieblicher Experten, auch dazu bei, daß im Rahmen geförderter Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und deren Umsetzung dem Mangel des unzureichenden Anwendungsbezugs kaum abgeholfen, sondern dieser in Einzelfällen eher noch verstärkt wurde. Auf Schlußfolgerungen hieraus gehen wir im Rahmen unserer Überlegungen zur Förderung menschengerechter Gestaltung der Arbeit im Kap. VI ein.

3. Neuere Rationalisierungstendenzen und Werkstückhandhabung im spanenden Bereich

Abschließend ist auf einige gegenwärtig feststellbare Entwicklungstendenzen hinzuweisen, die zum einen für die zukünftige Gestaltung oder Veränderung der inzwischen weitgehend konsolidierten Beschickungslösungen unmittelbar relevant werden könnten; zum anderen könnten sie dazu führen, daß Beschickungsvorgänge selbst noch enger in den Gesamtablauf teilprozeßübergreifender Techniksyste­me eingebunden werden bzw. darin aufgehen, so daß nicht mehr die Beschickungsalternative allein, sondern das jeweilige gesamte Materialflußsystem zum ausschlaggebenden Faktor wird. Wesentlich für unsere Gesamtfragestellung ist dabei, daß sich die Effekte unterschiedlicher Beschickungsalternativen hinsichtlich Fertigung und Arbeitssituation in den Anwenderbetrieben dann kaum mehr auf einzelne konkrete Lösungen beziehen lassen, sondern vielmehr als verstärkendes oder gegenläufiges Element innerhalb anderer dominanter und prozeßübergreifender Rationalisierungsentwicklungen zum Tragen kommen.²⁹

(1) Dabei handelt es sich einmal darum, daß der **Trend zur Komplettbearbeitung und ihrer Weiterentwicklung anhält**; die Werkzeugmaschinenhersteller versuchen, durch weitere Erhöhung der Leistungsfähigkeit und durch die verstärkte Kombination verschiedenster Bearbeitungs- und Handhabungsfunktionen in den Maschinen und innerhalb der Maschinensysteme die Produktivität bei gleichzeitig steigender Flexibilität zu steigern (z.B. durch die Erhöhung der Zahl der Achsen, durch den Ausbau der Werkzeugspeicher und -handhabung, durch Parallelbearbeitung, durch perfektionierte Meßmethoden usw.). Gleichzeitig werden die in den vergangenen Jahren in komplexe Maschinen und Anlagen integrierten Funk-

²⁹ Nicht näher eingegangen werden soll auf die Entwicklungen im Bereich der Sensortechnik, die bislang zwar auf zahlreiche Möglichkeiten auch zur Nutzung im Handhabungsbereich verweisen, dennoch, zumindest für die hier diskutierten komplexen Anwendungsfelder, bislang und auf absehbare Zeit noch wenig zum Einsatz gelangen (vgl. etwa Kompa 1988). Ähnliches gilt für den Einsatz von Expertensystemen für Handhabungsfunktionen. Beides sind freilich Entwicklungen, die, wenn sie auch für jene komplexen Funktionen der Werkstückhandhabung zugänglich gemacht werden können, für die bislang der Einsatz von Arbeitskraft sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus Flexibilitäts- und Kontrollgesichtspunkten unverzichtbar geblieben ist, umwälzende Effekte erwarten lassen.

tionselemente immer ausgereifter. Dabei wird zugleich versucht, die einzelnen Funktionselemente und Anlagenkomponenten soweit zu standardisieren, daß sie auch für den Einsatz in einfacheren und weniger leistungsfähigen, gleichwohl komplexen und technisch anspruchsvollen Serienmaschinen nutzbar gemacht werden können. Sogenannte universelle Bearbeitungszentren und selbststründende Drehzellen werden daher für immer mehr Bearbeitungsgänge und Werkstücksparten nutzbar und gewinnen somit an Verbreitungsmöglichkeiten.

Der Trend zur Komplettbearbeitung äußert sich zunehmend auch im Versuch, bestimmte Teilefamilien in inselförmig strukturierten, d.h. vergleichsweise abgeschlossen und autonom organisierten Fertigungssystemen herstellen zu lassen, wobei die inselinterne technische Ausstattung und (Arbeits-)Organisation durchaus differenziert ausfallen können. Vorwiegend für die Fertigung von komplizierten Werkstücken und von Prototypen sowie in der Sonderfertigung geeignet, begünstigt diese Tendenz den Einsatz **eher kleinerer Fertigungsanlagen**; die Art der Beschickung dürfte sich dabei kaum ändern, wenngleich sich damit Optionen für alternative organisatorische Strukturen verbinden.

Eine dritte Entwicklung unter dem Aspekt der Komplettbearbeitung deutet sich schließlich im Einsatz von CAD-Systemen und einer damit verbesserten konstruktionstechnischen Durchdringung der Werkstückgestaltung an. Die damit mögliche Verbesserung (und Beschleunigung) einer fertigungsgerechten **Konstruktion komplexer Werkstücke** (die bislang aus einfacheren Teilen montiert werden mußten), aber auch die vorrichtungsfreundliche Gestaltung der Werkstücke, erlaubte es, immer mehr Werkstücke auf Komplettbearbeitungsmaschinen in insgesamt immer weniger Aufspannungen bearbeiten zu lassen; eine Entwicklung, die, abgesehen vom Wegfall bisher notwendiger Montagearbeiten, bei einer Verlängerung der Bearbeitungszeiten pro Werkstück vor allem eine Reduzierung der Gesamtdurchlaufzeiten (ebenso wie der bisher notwendigen Handhabungsvorgänge) mit sich bringt.

Alle diese Aspekte verweisen darauf, daß auch weiterhin mit einer Reduzierung der Handhabungsfunktionen zu rechnen sein wird, und sich die Bearbeitungszeiten pro Werkstücke verlängern dürften. Dadurch aber wird einmal die Notwendigkeit der Automatisierung von Handhabungsvorgängen quantitativ gesehen geringer. Zum anderen könnte aber ein im

Rahmen der Komplettbearbeitung häufigerer Einsatz integrierter Beschickungseinrichtungen wenn auch keine gravierenden Verschiebungen in den Einsatzbereichen, so doch Veränderungen in der organisatorischen und systemtechnischen Auslegung einzelner Werkstattbereiche und in ihrer Einbindung in übergreifende Steuerungs- und Materialflußsysteme (insbesondere im bereits stark technisierten Bereich der Mittel- und Großserienfertigung) begünstigen.

(2) Als weitere wichtige Tendenz zeichnet sich im Zuge der verstärkten Diskussion um Logistik- und Materialflußprozesse bei den Abnehmern, aber auch in einzelnen Betrieben des Werkzeugmaschinenbaus selbst, die **Veränderung und Automatisierung der Lager- und Transportvorgänge** ab. Ziel dieser Entwicklungen ist es, die bislang eher starr technisierten oder manuell durchgeführten Transportprozesse zu automatisieren und verschiedene Bearbeitungsmaschinen und Fertigungsinseln untereinander, wie auch mit den Lagerplätzen, zu verketteten; damit soll ein möglichst flexibler und kontinuierlicher Durchlauf von Werkstücken durch die gesamte Fertigung gewährleistet werden. (Genannt seien hier vor allem fahrerlose Transport-(FTS-)Systeme, aber auch Hängebahnen und Transportkräne sowie Flächenportale und Portalroboter; das schienenungebundene Paletten-transportsystem findet hingegen über den integrierten Einsatz in den obengenannten autarken Maschinensystemen hinaus kaum Anwendung als größeres oder gar umfassendes Transportsystem, während die Kombination bereichsübergreifender Transportsysteme mit anlagenintegrierten Palettensystemen vereinzelt durchaus praktiziert wird.)

Die Komplexität der jeweils notwendigen Handhabungsfunktionen kommt dabei an der Übergabeschnittstelle zwischen automatischer Transporteinrichtung und Werkstückträger bzw. Handhabungseinrichtung in ähnlicher Weise wie bei der Maschinenbeschickung zum Tragen, zumal dann, wenn einzelne Teilfunktionen der Handhabung von der Transporteinrichtung selbst durchgeführt werden. Dabei treten ähnliche Grenzen und Probleme der Technisierung auf, wie sie oben geschildert wurden. Transportsysteme erlangen damit zunehmend an Bedeutung für die "andere Seite" der Werkstückbeschickung, nämlich die Anlieferung und Bereitstellung der zu bearbeitenden Teile. Bislang vorwiegend (noch) im Rahmen von Fertigungs-, Montage- und Lagersystemen in Betrieben der Großserienfertigung reali-

siert,³⁰ aber auch im Bereich der Klein- und Mittelserienfertigung immer mehr vorstellbar und auch ansatzweise bereits eingesetzt, erlauben solche Systeme zunehmend, in die seit jeher hochgradig diskontinuierlich verlaufenden Fertigungsprozesse des Maschinenbaus Momente der Fließfertigung einzubauen; durch entsprechende organisatorische und datentechnische Verfahren (der Fertigungsplanung und -steuerung) wird schließlich die direkte technische Verknüpfung mit den Fertigungseinrichtungen selbst, aber auch die Einbindung und Integration herkömmlich manuell beschickter Maschinenarbeitsplätze (sowie anderer Arbeitsplätze) in das System möglich.³¹ Entscheidend ist, daß solche Systeme die völlige mechanische und fertigungstechnische Integration der einzelnen Fertigungsbereiche nicht voraussetzen und unterschiedlichste Beschickungsalternativen zulassen (vgl. Bahke 1987, S. 10f.), gleichzeitig aber der dispositive Ablauf der Fertigung weitgehend durch eine übergeordnete Fertigungssteuerung **und** das automatische Transportsystem bestimmt wird.

(3) Als bedeutsamste gegenwärtige Rationalisierungstendenz ist jedoch die **Entwicklung organisations- und informationstechnologischer Bausteine** einzuschätzen, mit denen bislang auch im Werkzeugmaschinenbau vergleichsweise breit eingesetzte Teilsysteme, wie CAD-, CAP-, PPS-, CNC-Techniken, verbessert, kommunikationsfähig gemacht und mit einander verknüpft werden können. Die hinter der Diskussion zur computerintegrierten Fertigung (CIM) stehenden Entwicklungen in den Rationalisierungsstrategien der Betriebe, die sich folgerichtig aus den Überlegungen zur flexiblen Automatisierung heraus entwickelt haben und sich nunmehr (systemisch) auf den betrieblichen Gesamtprozeß und die Integration seiner Teilbereiche richten, treten dabei immer deutlicher als Anforderungen an die Hersteller hervor, integrierte und/oder integrierbare fertigungstechnische Systeme als Komplettlösungen zu konzipieren und bereitzustellen. Die Entscheidung über die Alternative von Beschickungslösungen verliert dabei immer mehr an Eigenständigkeit. Ihre Ausprägung wird zunehmend von den vorherrschenden Konzepten zur computerintegrierten Fertigung sowie von den zur Diskussion stehenden und den dabei jeweils realisierbaren fertigungs- und arbeitsorganisatorischen Vorstellungen beeinflusst (vgl. dazu etwa bei Hirsch-Kreinsen u.a. 1990). Dabei kann

30 Vgl. dazu exemplarisch die Beispiele in Materialfluß 1987.

31 Vgl. zu dieser Thematik z.B. Börnecke 1986.

die konkrete (Nicht-)Realisierbarkeit von Beschickungsalternativen angesichts fortbestehender "Automatisierungslücken" (wie z.B. auf dem Bereich der Sensortechnik - vgl. oben) durchaus auch die Durchführung bestimmter Fertigungskonzepte - zumindest vorläufig - begünstigen bzw. hemmen.

IV. Auswirkungen automatisierter Werkstückhandhabung auf die Arbeit in der spanenden Fertigung

Angesichts der geschilderten Automatisierungsentwicklung im Bereich der Werkstückhandhabung an spanenden Werkzeugmaschinen läßt sich die Frage nach den Auswirkungen für die Arbeitssituation und den Arbeitsinsatz nur differenziert und nicht eindeutig beantworten. So stellt die Automatisierung von Beschickungs- und Zuführungsfunktionen nur einen, wenn auch wesentlichen, Faktor dieser Entwicklung dar. Ferner sind bei der gegenwärtigen technologischen Entwicklung unterschiedliche fertigungs- und arbeitsorganisatorische Richtungen zu beobachten, so daß trotz einer auffälligen Dominanz einzelner Richtungen bislang nicht feststeht, welche mittel- und langfristigen Rationalisierungskonzepte dahinterstehen und sich letztendlich durchsetzen werden. Entscheidend sind hierfür einmal die unterschiedlichen **konkreten betrieblichen Rahmenbedingungen** bei den jeweiligen Anwenderbetrieben, innerhalb derer über Konzept und Auswahl fertigungstechnischer Lösungen und der dabei realisierten arbeitsorganisatorischen und qualifikatorischen Strukturen entschieden wird (bestehende Strukturen, technische und qualifikatorische Ausstattung, Produktpolitik und Produktpalette, Schlüsselgruppen usw.). Zum anderen erfolgen Maßnahmen flexibler Automation **als Ausdruck neuer, systemischer Rationalisierungsstrategien der Anwender** primär in teilprozeßübergreifender und in kapitalbezogener Perspektive (vgl. Altmann u.a. 1986), so daß ihre **Folgen für die Arbeit zunehmend mittelbar** verursacht und deshalb immer schwieriger zu identifizieren sind. Schließlich spielen die **Technikhersteller**, die ja die Instrumente für die Umsetzung dieser neuen Stoßrichtung der Rationalisierung liefern (sollen), im Rahmen unterschiedlicher Hersteller-Anwender-Beziehungen eine immer wichtigere Rolle auch für die Entwicklung der Arbeitsbedingungen, worauf weiter unten noch separat eingegangen wird.

Innerhalb dieses Zusammenhangs gehen auch von der Beschickungsautomatisierung (als integrealem Bestandteil fertigungstechnischer und teilprozeßübergreifender Rationalisierungsmaßnahmen) Wirkungen auf die Art der Arbeit und der Arbeitsorganisation aus, sei es direkt, sei es dadurch, daß sie bestimmte andere technische und organisatorische Rationalisierungsentwicklungen (etwa im Kontext umfassender Fertigungs- und Mate-

rialflußsysteme) begünstigt oder hemmt. In dieser eingegrenzten Perspektive lassen sich aufgrund unserer Befunde durchaus bedeutsame und differente Effekte und Tendenzen identifizieren, die auf den Einsatz und die Unterschiedlichkeit automatisierter Beschickungs- und Verkettungseinrichtungen zurückgeführt werden können. Wir konzentrieren uns dabei im folgenden auf die nach unseren Erfahrungen wichtigsten Auswirkungen hinsichtlich der **Beschäftigung** einerseits und der **Qualifikation bzw. Arbeitsorganisation** andererseits. Aspekte der unmittelbaren Arbeitsbedingungen, wie Arbeitssicherheit und Arbeitsbelastungen, spielten nach unseren Befunden zwar im konkreten Fall der Anlageninstallation eine wichtige Rolle und waren oft auch die einzigen Folgenaspekte, die bei den Fertigungsplanern und Beschaffungsexperten auf beiden Seiten des Innovationsprozesses eine gewisse Berücksichtigung fanden, sie besaßen jedoch für die Gestaltung und Auswahl bestimmter Beschickungslösungen letztlich keine Bedeutung. Sie werden daher hier ebensowenig erörtert wie die Rolle der Interessenvertretung, deren Betrachtung eine umfassendere Untersuchung der Rationalisierungsprozesse erfordert hätte. Erkenntnisse aus unseren Befunden hierzu werden daher nur an jeweils relevanten Stellen unserer Ergebnisdarstellung in diesem und im folgenden Kapitel aufscheinen.

1. Folgen für die Beschäftigung

Auswirkungen für Arbeitsvolumen und Beschäftigung ergeben sich aus automatischen Beschickungslösungen vor allem daraus, daß bislang manuell durchgeführte Operationen nunmehr automatisch vollzogen werden und damit grundsätzlich wegfallen. Hierzu sei vorweggenommen, daß der Einsatz von Handhabungssystemen und Industrierobotern - schon frühzeitig hinsichtlich seiner Auswirkungen auf die Zahl der Arbeitsplätze kontrovers diskutiert (Stichwort: job-killer) - nach unseren Befunden durchaus und eindeutig bei jeder technischen Beschickungslösung arbeitssparenden Charakter besaß und vorrangig auch aus diesem Grund erfolgt ist. Die Effekte der Einsparung von Arbeit fielen freilich bei den einzelnen Beschickungslösungen unterschiedlich aus, insbesondere in Abhängigkeit davon, in welchem Umfang und mit welcher Intensität Handhabungs(teil)funktionen technisiert wurden. Ob und wieviele Arbeitsplätze hierdurch gefährdet waren bzw. werden, kann jedoch nur eine differenzierte Betrachtung der konkreten Einzelfälle beantworten, zumal damit

verbundene Beschäftigungseffekte eher zeitversetzt und oft auch in anderen Arbeitsbereichen oder Betrieben auftreten. Entscheidend ist dabei insbesondere, in welchen technisch-organisatorischen Gesamtsystemen Beschickungseinrichtungen eingesetzt werden, wie die Fertigungsprozesse grundsätzlich organisiert sind, welche Arbeitsorganisationen und Qualifikationsstrukturen bislang bestanden haben und vor allem auch, welche Möglichkeiten der Umstrukturierung von Arbeitseinsatz und -inhalten und/oder der Umsetzung von Arbeitskräften vorhanden sind und genutzt werden. Vielfach blieb auch offen, ob arbeitssparende Effekte im konkreten Einzelfall überhaupt erzielt wurden, zumal nicht vorhersehbare Veränderungen in den Werkstückspektren oder in den Werkstückbesonderheiten dazu führen konnten, daß trotz Beschickungsautomatisierung der Arbeitsaufwand aufgrund einer neuen produkt- und absatzpolitischen Zielsetzung anwachsen konnte.

Grundsätzlich kann jedoch gesagt werden, daß durch den Wegfall von Handhabungsoperationen - auch unter Berücksichtigung verschiedener arbeitsvermehrender Effekte infolge der Planung, Programmierung und Wartung solcher Automatisierungstechniken - über die direkt und indirekt betroffenen Bereiche hinweg per saldo eine erhebliche Verringerung des notwendigen Arbeitsumfangs eingetreten ist bzw. noch eintreten wird. Dies dürfte sich zumindest auf Dauer auch in einem Abbau von Arbeitsplätzen in diesen Bereichen, aber auch möglicherweise in vor- oder nachgelagerten Abteilungen oder Produktionsstufen bzw. in anderen Betrieben der Branche, niederschlagen.

Ziel und Aufgabe der Studie konnte es jedoch nicht sein, diese quantitativen Effekte - von einzelnen Hinweisen abgesehen - genauer zu bestimmen,¹ vielmehr konzentrierten wir uns darauf, den allgemeinen beschäftigungsrelevanten Effekten aufgrund der Gestaltung und der Realisierung von Beschickungslösungen im spannenden Bereich nachzugehen:

(1) Vorab ist zu betonen, daß die vielfach von den Betrieben angestrebte und realisierte Reduzierung des Arbeitsaufwandes in der Regel nur zum Teil und auch nur mittelbar der Automatisierung von Beschickungsvorgängen zuzurechnen ist; sie ist vielmehr durch das Insgesamt der Automa-

1 Untersuchungen in der Automobilindustrie ermittelten etwa Einsparungen von vier Arbeitskräften pro Industrieroboter (vgl. BMFT 1984, S. 165ff.).

tisierungsbestrebungen induziert, innerhalb derer die automatische Beschickung eine **wirkungsvolle Ausschöpfung** der in diesen Maßnahmen enthaltenen **Rationalisierungspotentiale** erst ermöglichte. Eine entscheidende Rolle spielte dabei die **Entkoppelung** des Bearbeitungstaktes von der Bedien- und Beschickungstätigkeit durch den automatischen Werkstückwechsel. Erst hierüber wurde es möglich, automatische Zuführ- und Speichereinrichtungen einzubauen und die Nutzung der Anlagen auf die dritte Schicht oder in Form bedienerarmer Laufzeiten nach Schichtende oder am Wochenende auszudehnen. Diese Produktivitätssteigerung brachte ferner einen beschleunigten Teiledurchlauf sowie einen größeren Durchsatz an Werkstücken bei gleichzeitig erheblicher Reduzierung des Arbeitseinsatzes mit sich. Solche Effekte waren freilich - auch aufgrund etwaiger Veränderungen in der Absatzmenge und in der Produktstruktur - quantitativ nicht exakt bestimmbar und hielten sich zudem bei einzelnen Maschinen oder kleinen Maschinensystemen in Grenzen. Von daher ließen sie sich in der Regel auch durch Umsetzungsmaßnahmen bzw. durch den Neuzuschnitt der verbleibenden Arbeiten (vgl. dazu unten, Abschnitt 2.) von den Betrieben auffangen; andernfalls schlugen sie sich in einzelnen Maßnahmen des Personalabbaus in der eigenen Fertigung (etwa in konventionellen Fertigungslinien), in Zulieferbetrieben oder auf breiter Ebene bei in der Konkurrenz unterlegenen Betrieben nieder.

(2) Gravierende Auswirkungen bezüglich der Zahl der beschäftigten Arbeitskräfte konnten freilich **Arbeitseinsparungen durch den Einsatz größerer Fertigungssysteme**, vor allem bei den großbetrieblichen Anwendern, mit sich bringen. Auch hier ist der auf die Beschickungsautomatisierung entfallende Anteil zahlenmäßig kaum isoliert zu ermitteln. In der Gesamtzielsetzung solcher Systeme stand jedoch der arbeitssparende Effekt der Automatisierung von Handhabungsfunktionen sowohl bei den Anwendern wie bei den Herstellern im Vordergrund. So zwang die grundsätzliche Schwierigkeit, die Wirtschaftlichkeit umfassender und flexibler Fertigungssysteme genau kalkulieren zu können, die Promotoren von Umstellungsmaßnahmen - ebenso wie die Verkäufer der Maschinenhersteller - dazu, zumindest jene Effekte an Kosteneinsparungen in den Vordergrund zu stellen, die auf jeden Fall auf den ersten Blick quantifizierbar waren. Dies waren einmal Einsparungen bei den Fertigungseinrichtungen selbst aufgrund einer erhöhten Nutzbarkeit der Anlagen im System, aufgrund der Steigerung der Gesamtauslastung durch die zweite und dritte Schicht und endlich aufgrund der Einsparung von Arbeitskräften (Anzahl der Maschi-

nenbediener etc.) im Vergleich zu den bestehenden Fertigungsstrukturen und zum bisherigen Teileausstoß.

Diese drei Aspekte spielten nach unseren Befunden immer auch die entscheidende Rolle für den Einsatz von Handhabungssystemen, seien dies nun integrierte oder eigenständige Beschickungseinrichtungen innerhalb von Fertigungszellen, Mehrmaschinen- oder mehrere Teilprozesse umfassenden Fertigungssystemen. Auch wenn dabei unklar blieb, was an arbeitssparenden Auswirkungen den jeweiligen einzelnen technischen Neuerungen in den Maschinen (z.B. der Vermehrung der Achsen- und der Antriebsspindeln, der Erweiterung des Werkzeugspeichers, der Parallelbearbeitung usw.) und was deren automatischer Werkstückbeschickung zuzurechnen war, so ist der **Gesamteffekt** derartig automatisch beschickter Fertigungssysteme hinsichtlich des eingesparten Arbeitsaufwandes bzw. der reduzierten Personalbesetzung doch **erheblich**.² Entsprechend spielten diese Aspekte, trotz der zumeist im Vordergrund stehenden Diskussion um Flexibilität und Funktionsvielfalt solcher Systeme, häufig die für die Investitionsentscheidung ausschlaggebende Rolle.

(3) Für die Kleinserienfertigung im (Werkzeug-)Maschinenbau hingegen, wo derartig umfassende Fertigungssysteme nur selten eingesetzt und derartige Auswirkungen auf die Beschäftigung daher noch wenig diskutiert wurden, waren die **unterschiedlichen** Effekte alternativer Beschickungseinrichtungen weit bedeutsamer, auch wenn deren quantitativer Ausmaß im Vergleich zu den Effekten anderer Automatisierungsschritte, etwa in den Bearbeitungsmaschinen selbst, eher geringer ausfallen dürfte.

- o So tendieren **integrierte Beschickungssysteme** der Palettenbeschickung bei Bearbeitungszentren und der Portalladerbeschickung bei Drehmaschinen in ihrer primären Zielsetzung, den Nutzungsgrad der Maschinen zu erhöhen, dazu, nur die dafür **notwendigen** Handhabungsfunktionen zu technisieren; andere Arbeitsoperationen, die davon abgekoppelt durchgeführt werden können, werden in der Regel (weiterhin) manuell vollzogen. Die bisherige Beschickungstätigkeit der

² So geht z. B. eine herstellerseitige Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von Personaleinsparungen in Höhe von 80 % bis 90 % bei den jeweils betroffenen Arbeitskräftegruppen - abgesehen von weiteren Effekten etwa im Montagebereich - aus (vgl. Thole 1986, S. 433).

Maschinenbediener entfällt also nur zum Teil; die nach wie vor notwendigen, aus wirtschaftlichen oder technischen Gründen nicht automatisierbaren bzw. nicht automatisierten Funktionen (etwa das Bestücken von Werkstückträgern mit zu bearbeitenden Teilen oder mit Vorrichtungen oder das Auf- und Abspannen von Werkstücken, aber auch die Maschinenüberwachung) werden weiterhin, wenn auch von weniger Arbeitskräften und in der Regel in einer anderen arbeitsorganisatorischen Zuordnung, manuell bzw. über den Einsatz von Arbeitskraft bewerkstelligt.³

Dieser Effekt bleibt im Prinzip auch beim Ausbau zu größeren Systemen tendenziell erhalten, obwohl sich dabei die Relation zwischen manuellen und technischen Operationen sukzessive verringert und durch die Einrichtung bedienerarmer Schichten ein immer größerer Output bei vergleichsweise reduziertem Arbeitskräfteeinsatz erzielt wird. Integrierte Beschickungslösungen erzwingen bzw. brauchen in ihrer Zielsetzung zunächst also keine weitere Verknüpfung mit anderen Bearbeitungsmaschinen oder Transporteinrichtungen; die Möglichkeit oder Notwendigkeit verbleibender Handhabungsfunktionen begrenzt die Arbeitseinsparung und führt damit zu **teilautomatisierten** Lösungen mit manuellen Bestückungs- und Spannarbeiten.

- o Auch die **Dimensionierung** automatisierter Systeme und die **Wahl der Programmierverfahren** spielte eine wichtige Rolle. So wurde gerade bei Einzel- oder Zweimaschinensystemen bzw. dort, wo die Komplexität der Bearbeitungsverfahren und der Werkstücke eine Werkstattprogrammierung oder zumindest eine werkstattnahe Programmierung zuließ oder unter Optimierungs- und Korrekturgesichtspunkten erforderte, der Einsatz teilautomatisierter, integrierter Beschickungssysteme vorgezogen, weil das ohnehin (noch) erforderliche Personal zur Maschinenbedienung auch die verbleibenden Beschickungsfunktionen übernehmen konnte.
- o **Je größer** jedoch Maschinensysteme ausgelegt und **je komplexer** die Überwachungsaufgaben werden, um so mehr versuchen die Rationali-

³ Gleichzeitig können sich damit aber auch Effekte der Arbeitsintensivierung (Mehrmaschinenbedienung, häufigere Bestückungsoperationen und mehr Gewicht pro Zeiteinheit u.ä.) verbinden (s. dazu auch den folgenden Abschnitt).

sierungsplaner, möglichst viele der Beschickungs- und Handhabungsfunktionen zu automatisieren und/oder die noch verbleibenden Funktionen an zentraler Stelle zusammenzufassen. Die Einsparung an Arbeitskräften wird dabei um so größer, je mehr traditionelle Vorbereitungs- und Handhabungsfunktionen im Bereich der Maschinenbedienung wegfallen und je eher dabei eine arbeitsteilige Strukturierung der Resttätigkeiten in der Werkstatt (etwa Mehrmaschinenbedienung einerseits, zentrale Rüstplätze andererseits) begünstigt wird. Innerhalb solcher großer und umfassender Maschinen- und Fertigungssysteme, wie sie vor allem bei Automobilherstellern und ihren großen Zulieferern, aber auch in der Serienfertigung des Maschinenbaus, realisiert wurden, konnten daher insbesondere auch die arbeitssparenden Effekte **eigenständiger Handhabungseinrichtungen** und Industrieroboter weit eher zum Tragen kommen; ausgehend von deren genuiner Zielsetzung, Handhabungstätigkeiten prinzipiell zu automatisieren, war und ist ihr Einsatz auf einen aus Wirtschaftlichkeitsgründen möglichst umfassenden Wegfall manueller Beschickungs- und Zuführungsoperationen gerichtet.

Trotz der erheblichen Potentiale zur Arbeitseinsparung mit Hilfe verschiedener automatisierter Beschickungstechniken, wie sie in den Bereichen der Großserienfertigung auch verstärkt genutzt wurden und sich dort auch in einem spürbaren Abbau von Arbeitskräften niederschlugen, hat die Entwicklung solcher Techniken bislang in den Bereichen der Klein- und Mittelserienfertigung des Maschinenbaus, **insbesondere des Werkzeugmaschinenbaus, kaum zu bedeutsamen Beschäftigungseffekten** geführt. Dies lag einmal daran, daß der Einsatz großer Maschinen- und Fertigungssysteme auf wenige Fälle in diesen Teilbranchen mit geeigneten Werkstückbereichen beschränkt war, wobei die Betriebe in der Regel in der Lage waren, freigesetzte Arbeitskräfte problemlos anderweitig beschäftigen zu können. Entscheidend war zudem, daß automatisierte Beschickungseinrichtungen in diesen Fertigungsbereichen, wie gezeigt, vergleichsweise zögernd eingesetzt wurden bzw. nur teilautomatisierte Lösungen, insbesondere in Form maschinenintegrierter Beschickungseinrichtungen, vorgezogen wurden. Ferner war der Wegfall von Handhabungsfunktionen in diesem Bereich häufig eher auf den sukzessiven Einsatz maschinentechnischer Neuerungen, etwa der Komplettbearbeitung, zurückzuführen. Schließlich aber hatte sich der allgemeine Trend zu kundenspezifischen Anforderungen, der die Nachfrage nach flexibler Automation ge-

genüber den (Werkzeug-)Maschinenbauern ausgelöst hat, dermaßen verstärkt, daß er auch in gewisser Hinsicht einer forcierten Automatisierung, zumindest in diesen Fertigungsbereichen (wenn nicht generell in vergleichbaren Bereichen auch vieler Maschinenanwender), eher entgegenzuwirken schien: Die fertigungsbezogene Bewältigung dieser Anforderungsvielfalt in Form differenzierter produkttechnischer Antworten der (Werkzeug-)Maschinenbauer war offensichtlich (vorerst) weitgehend allenfalls bei begrenzter Automatisierung (vgl. Bahke 1987, S. 11) und durch eine weitere Nutzung flexibler Arbeitskraft in der eigenen Fertigung möglich. Hierdurch wurde und wird - zumindest temporär - der Abbau von Arbeitsplätzen, insbesondere im Zuführ- und Beschickungsbereich der Klein- und Mittelserienfertigung, gebremst.

(4) Dennoch ist nicht zu verkennen, daß andere, gegenwärtig zu beobachtende Entwicklungen auch in diesen Bereichen - Anwendbarkeit und Wirtschaftlichkeit vorausgesetzt - zu einer verstärkten Automatisierung der Fertigungsabläufe und darin der Zuführungs- und Beschickungsvorgänge führen könnten, was schließlich auch dort spürbare Arbeits(platz)einsparungen nach sich ziehen könnte. Hierzu gehören einmal jene - bereits kurz erwähnten - Technikentwicklungen, auf deren Grundlage bislang der Automatisierung weitgehend entzogene Handhabungsfunktionen (wie z. B. das Spannen, das Kommissionieren, das Positionieren und Greifen komplizierter Teile) technisierbar werden und damit für manuelle Tätigkeiten entfallen (z. B. mit Hilfe automatischer Spannvorrichtungen, durch Wechselgreifersysteme, durch sensorgesteuerte Systeme usw.).

Vor allem gehören dazu aber auch Bestrebungen, für solche Fertigungsbereiche CIM-Konzepte bzw. entsprechende Technikbausteine zu entwickeln und einzusetzen: Diese neuen Techniken zielen zwar vordergründig auf die Erhöhung der Flexibilität des Gesamtbetriebes und auf die unmittelbare Abstimmung tendenziell aller Teilprozesse untereinander, um möglichst kurzfristig kundenspezifische Produktionsergebnisse erstellen zu können. Dabei kann sich die sukzessive Durchsetzung von CIM-Strukturen auf einzelne Automatisierungsschritte in der Fertigung, also z. B. auch auf die Automatisierung von Beschickungs- und Zuführungsvorgängen, stützen bzw. diese voraussetzen oder umgekehrt die Einführung solcher Maßnahmen induzieren. Wahl und Gestaltung von Beschickungslösungen, zumal als Bestandteil umfassender Produktionssteuerungs- und Material-

flußsysteme, sind daher zunehmend Voraussetzung und Folge CIM-orientierter Rationalisierungsprozesse und lassen sich deshalb immer weniger unabhängig von diesen betrieblichen Gesamtkonzepten betrachten. Dabei ist jedoch zu betonen, daß der **letztendliche Effekt von CIM**, wie es in den Einschätzungen vieler Experten aus unseren Untersuchungsbetrieben deutlich zum Ausdruck kam, ebenfalls die **Erreichung weiterer Personaleinsparungen** ist, auch wenn dies gegenwärtig noch durch die Akzentuierung des Flexibilitäts- und Produktivitätsaspektes und durch vielfältige Probleme dieser Technik selbst und ihrer Einführung (z.B. Schnittstellenprobleme, Schwierigkeiten in der Fertigungssteuerung, Probleme der Qualifikationsanpassung bzw. -herstellung), weitgehend verdeckt bleibt; zu dieser Entwicklung kann Beschickungs- und Transportautomatisierung entscheidend beitragen.

Im **Ergebnis** bleibt festzuhalten, daß die forcierte Automatisierung der Werkstückhandhabung - trotz ihres flexibilitätssteigernden Aspektes - primär auf die Einsparung entsprechender Tätigkeiten auch im Bereich der Zuführung und Beschickung an spanenden Werkzeugmaschinen gerichtet war. Sie ermöglichte in einzelnen Einsatzfeldern, vor allem in der Mittel- bis Großserienfertigung der Hauptanwender spanender Fertigungstechniken, deutliche Personaleinsparungen, während solche Potentiale im Werkzeugmaschinenbau selbst und in diesen vergleichbaren Fertigungsbereichen bislang nur begrenzt genutzt wurden bzw. entsprechende Effekte tendenziell durch Veränderungen im Produktausstoß und in der Produktstruktur bzw. durch organisatorische Maßnahmen überlagert wurden. Auch wenn sich daher negative Beschäftigungsauswirkungen im Bereich der Klein- und Mittelserienfertigung kaum - und vor allem nicht bezogen auf einzelne Automatisierungsmaßnahmen der Betriebe - quantifizieren lassen, so dürften die zweifellos vorhandenen arbeitssparenden Effekte automatisierter Werkstückhandhabung auch in diesem Bereich branchenbezogen einen wesentlichen Beitrag zum allgemeinen Beschäftigungsrückgang Anfang der 80er Jahre bzw. zur Steigerung des Produktionsvolumens mit vergleichsweise weniger Personaleinsatz geleistet haben. Zwar stehen gegenwärtig (noch) in zahlreichen Betrieben und Fertigungsbereichen dieser Branche verschiedene Faktoren einer verstärkten oder gar umfassenden Automatisierung der Werkstückzuführung und -beschickung an spanenden Werkzeugmaschinen entgegen (Anwendungsbezug und Wirtschaftlichkeit alternativer Lösungen, Werkstückspezifika, Automatisierungslücken etc.); gleichwohl ist nach unseren Befunden davon

auszugehen, daß auch in solchen bislang von Technisierungsmaßnahmen weitgehend "verschonten" Bereichen des mittelständischen Maschinenbaus auf Dauer, insbesondere je mehr dort bereichsübergreifende und/oder gar zentralistisch orientierte (CIM-)Konzepte (vgl. dazu im anschließenden Abschnitt) und Werkstücktransportsysteme Einzug halten bzw. bestimmte Automatisierungslücken abgebaut werden, mit einer forcierten Technisierung von Beschickungsfunktionen und damit mit einem verstärkten Abbau von Arbeitsplätzen und Beschäftigten zu rechnen sein wird.

2. Folgen für die Qualifikation und die Arbeitsorganisation

Zu den Auswirkungen der Beschickungsautomatisierung für die Entwicklung von Qualifikationsanforderungen und Arbeitsorganisation, die gegenwärtig weit stärker als etwa Beschäftigungseffekte im Mittelpunkt der Rationalisierungsdiskussion stehen, ermöglichen unsere Befunde vorrangig einzelne gesonderte Schlußfolgerungen bezüglich konkreter Beschickungsalternativen im Bereich der spanenden Werkzeugmaschinen und ihrer Eingliederung in umfassende technisch-organisatorische Fertigungskonzepte. Im Zusammenhang damit liefern unsere Erhebungen für die Einschätzung zukünftiger Rationalisierungstendenzen aber auch generelle Hinweise zu qualifikatorischen und arbeitsorganisatorischen Entwicklungen, wie sie sich mit der flexiblen Automatisierung von Fertigungsabläufen in den hier im Zentrum stehenden Einsatzfeldern von Beschickungstechniken abzeichnen.

(1) Auch wenn die unmittelbaren qualifikatorischen Auswirkungen der Beschickungsautomatisierung auch heute noch schwer nachvollziehbar oder gar prognostizierbar sind,⁴ so läßt unseres Erachtens die oben beschriebene Konsolidierung der **Beschickungsalternativen** und ihrer Einsatzfelder in Grenzen Schlußfolgerungen über **qualifikatorische Auswirkungen** im Kontext verschiedener Entwicklungslinien zu; dabei sind einzelne Effekte, die vorrangig dem Einsatz anderer technischer Neuerungen

4 So stützten sich bislang die meisten Einschätzungen hierzu auf Erkenntnisse zum Industrierobotereinsatz in der Automobilindustrie, zumal zur Handhabungsautomatisierung in anderen Einsatzfeldern auch in neuerer Zeit noch kaum Erfahrungen zur Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation vorliegen (vgl. Seitz, Streich 1987, S. 107ff.).

geschuldet sind, mit einzubeziehen, weil diese sich mit den Auswirkungen der Handhabungsautomatisierung bündeln (können).

- o Der Einsatz von **Palettenwechselsystemen**, der einerseits eine Entkoppelung von maschineller Bearbeitung und Vorbereitungsarbeiten möglich macht, andererseits bestimmte, z.T. wenig anspruchsvolle Aufgaben der Maschinenbedienung (wie z. B. Einlegearbeiten, bestimmte Rüstarbeiten) wegfallen läßt, eröffnet, je nach Dimensionierung des jeweiligen Fertigungssystems, **unterschiedliche arbeitsorganisatorische und qualifikatorische Optionen**. Die Entlastung der Maschinenbediener von einfachen und einseitigen Handhabungsaufgaben bietet im Prinzip die Chance, qualifikatorisch gleichwertige - oder gar höherwertige - Arbeitsplätze zu schaffen (z. B. durch Bündelung verbleibender Spannarbeiten mit Einricht- und Überwachungsarbeiten, durch Anlagerung von Aufgaben der Programmoptimierung, der Programmkorrektur oder gar der Programmierung). Vor allem die Möglichkeit, mit Hilfe von Palettenbeschickungstechniken mehrere Anlagen zur Komplettbearbeitung zu **autarken Fertigungssystemen** ausbauen zu können, eröffnet derartige arbeitsorganisatorische Optionen, insbesondere etwa auch zur Einrichtung von **Fertigungsinseln** (zur vollständigen Bearbeitung von Teilefamilien).

Obwohl gerade die palettenbeschickten Fertigungssysteme theoretisch auch als geeignetes Einsatzfeld für Konzepte der Werkstattprogrammierung angesehen werden, tendieren die Betriebe in der Praxis selten zu solchen arbeitsorganisatorischen Lösungen. Vielmehr neigen sie im allgemeinen - und dies wird von den Herstellern unterstützt - dazu, aus Gründen der Vermeidung von Stillstandszeiten, die Programmierung solcher Anlagen zentral in der Arbeitsvorbereitung oder zumindest an einem eigenen Programmierplatz durchführen zu lassen; allenfalls wird die Programmoptimierung vor Ort vorgenommen, was aber nicht gewährleistet, daß diese dann auch vom Maschinenbediener durchgeführt wird. Selbst dort, wo die Art und die Vielfalt der Werkstücke und/oder die fertigungstechnische Ausstattung eine Werkstattprogrammierung zulassen würden, werden die Maschinenprogramme zumeist von speziellen Programmierern geschrieben, auch wenn die Maschinenbediener dazu qualifikatorisch in der Lage wären (vgl. dazu z.B. auch Bürgler 1982; Nuber, Schultz-Wild 1989).

- o Eine solche strategische Orientierung in der Arbeitsorganisation der Anwenderbetriebe wird dadurch **verstärkt**, daß eine automatische Beschickung die Nutzung der Maschinen in der zweiten und dritten (bedienerarmen) Schicht erlaubt; diese produktivitätssteigernde Erhöhung des Nutzungs- bzw. Auslastungsgrades der Werkzeugmaschinen legt die werkstattexterne Vorbereitung und Bereitstellung der Bearbeitungsprogramme besonders nahe. Deutlich wurde dies in all jenen Fällen, in denen Einzelmaschinen oder Bearbeitungszentren zu größeren Maschinensystemen zusammengefaßt und durch Verkettungseinrichtungen zur Werkzeug- und Werkstückhandhabung miteinander verknüpft wurden. Auch wenn dabei zum Teil unterschiedliche arbeitsorganisatorische Lösungen vorgefunden wurden, mit denen dem Erfordernis einer fertigungsgerechten Programmierung besser nachgekommen werden sollte (z. B. durch den Einsatz von Programmierern als Schichtführer, auch in der Nachtschicht; durch den Einsatz von Technikern oder Ingenieuren in der Fertigung, die aber den Maschinenbediener bisherigen Typs überflüssig machen, usw.), so wurde dennoch in nahezu allen Fällen die Programmierung **außerhalb** der Fertigung und vor allem nicht von den Maschinenbedienern durchgeführt.⁵ Dieser Befund gilt für integrierte Beschickungssysteme an Bearbeitungszentren und an Drehmaschinen gleichermaßen.

 - o Hingegen scheint der Einsatz **eigenständiger Handhabungseinrichtungen** - insbesondere von Portalgeräten und Industrierobotern zur Beschickung und Verkettung einer größeren Zahl und vor allem unterschiedlicher Maschinen - nach unseren Befunden nahezu zwingend dazu zu führen, daß praktisch alle **Spielräume zur Disposition** über maschinentechnische und beschickungstechnische Steuerungsvorgänge **aus der Werkstatt abgezogen** werden: Der vergleichbar hohe und vor allem bei großen Fertigungssystemen immense Aufwand für die steuerungstechnische Einbindung und Koordination aller Maschinen- und
-
- 5 Selbst in den wenigen Fällen, in denen Werkstattprogrammierung vorläufig für sinnvoll und notwendig erachtet wurde, wurde angestrebt, die in solchen komfortablen Systemen steckende Software zur Präzisierung der Programme auch schon in der Programmierabteilung zu nutzen und damit langfristig die Werkstattprogrammierung (wieder) überflüssig zu machen. In eine ähnliche Richtung weist der Einsatz wissensbasierter Systeme, womit das Wissen des Maschinenbediener für die werkstattexterne Programmierung aufbereitet und verfügbar gemacht werden kann (Potthast 1988).

Peripheriekomponenten (darunter auch der Handhabungseinrichtungen) in die systemübergreifende Leitsteuerung erzwingt schon per se, daß Programmierungsqualifikationen in der Fertigung nicht benötigt, zumindest aber nicht genutzt werden. Die beim Einsatz solcher Handhabungssysteme meistens bestehenden kurzen Zykluszeiten in der Bearbeitung stehen hier, ebenso wie die komplizierte Programmierung von Robotern selbst, einer möglichen Werkstattprogrammierung entgegen; in der Regel werden für die Handhabungstechniken bereits vorab (zum Teil beim Hersteller) festgelegte Fahr-, Werkstück- und Palettierprogramme geschrieben.

Zwar wurden vielfach Stand alone-Handhabungsroboter an Einzelmaschinen noch vor Ort durch Teach-in-Verfahren auch von den Bedienern programmiert; aber auch hier wies die Tendenz nach Expertenaussagen eindeutig auf eine Programmierung der Geräte mit Hilfe der neueren Verfahren zur Off- und Online-Programmierung und zur Zentralisierung der Programmierfunktionen in der fertigungsnahen Verwaltung (vgl. dazu etwa Niehaus, Zühlke 1984; Schneider 1986; Prasch 1988).

Die Teil-Automatisierung von Beschickungsabläufen, insbesondere wenn sie größere systemtechnische Dimensionen annimmt, scheint daher die Möglichkeit, Programmierarbeiten vor Ort anzulagern, kaum zu unterstützen. Vielmehr ergänzt sie sich mit den zunehmend durch systemische Aspekte geprägten Bestrebungen in den Betrieben, die Programmierung von Maschinen und die Steuerung des Materialflusses von zentraler Stelle aus vorzunehmen.

(2) Aber auch **in genereller Hinsicht** gehen von der Beschickungsautomatisierung bzw. von in deren Kontext verfolgten Techniklinien wesentliche Einflüsse aus, die sich - vermittelt über die jeweiligen personalpolitischen und arbeitseinsatzpolitischen Strategien der Anwender - auf die grundsätzliche qualifikatorische und organisatorische Strukturierung der Arbeit in der spanenden Fertigung auswirken.

Auch wenn die gesteigerten Möglichkeiten zur **Komplettbearbeitung von Teilen** in Bearbeitungszentren, Drehzellen und flexiblen Fertigungssystemen tendenziell einen Neuzuschnitt der bisher nach Bearbeitungsverfahren (Verrichtungsprinzip) getrennten Werkstattabteilungen mit sich bringt

und die jeweiligen Maschinenbediener dort mehrfachliche Teilqualifikationen aufweisen (müssen), so werden die **Abläufe in diesen Maschinensystemen derartig vielfältig und komplex**, daß die Programmierung vor Ort und durch hochqualifizierte Facharbeiter nach Einschätzung nahezu aller Experten weder wirtschaftlich sinnvoll noch arbeitsorganisatorisch praktikabel erscheint. Die automatische Bereitstellung und Beschickung mit Werkstücken und Werkzeugen zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Position durch die verschiedensten Aggregate am und im Maschinensystem potenziert einmal den Aufwand seiner systemtechnischen Beherrschung. Zum anderen werden dadurch dabei auch die für den Fertigungsablauf notwendigen Vorbereitungs- und Überwachungsarbeiten im Vergleich zur Bedienung einer einfachen CNC-Maschine vervielfacht, zumal diese Arbeiten aufgrund des rascheren Werkstückdurchlaufs insgesamt sehr viel komplizierter werden: Programme für sämtliche Bearbeitungs- und Bewegungsoperationen können daher aus zeitlichen und qualifikatorischen Gründen kaum mehr an der Maschine geschrieben werden.

Die Ausstattung von Bearbeitungszentren und Drehmaschinen mit **integrierten** Systemen der Werkzeug- und Werkstückzuführung sowie ihre Ausbaufähigkeit zu flexiblen Fertigungszellen erfordert und erzeugt aber auch **computertechnische Komponenten**, mit denen eine maschinenexterne Programmierung aller Bearbeitungs- und Handhabungsabläufe möglich wird und Schnittstellen zur Einspeisung entsprechender Programme oder Signale bereitgestellt werden. Die zunehmende systemtechnische Auslegung von Bearbeitungsmaschinen und insbesondere auch ihre flexible und automatische Beschickung und Entladung legen deshalb immer mehr eine **vom Produktionsvorgang unabhängige Planung und Steuerung** nahe; dies ist um so eher der Fall, als mit solchen Fertigungssystemen ja eine weitgehende Vollauslastung und bedienerarme Nutzung anvisiert ist, was wiederum die rechtzeitige Vorbereitung und Bereitstellung aller für die bedienerarme Schicht notwendigen Programme, Werkstücke, Materialien usw. erfordert. Die Automatisierung von Beschickungsvorgängen bringt hier für sich zwar keine spezifischen Optionen oder "Zwänge" für Veränderungen der Arbeitsorganisation und der Qualifikationsanforderungen mit sich, setzt aber doch indirekt im Kontext anderer Automatisierungsschritte wesentliche **Bedingungen und Voraussetzungen für eine bestimmte (Neu-)Strukturierung der Arbeit**.

Ein solcher Effekt der **Erhöhung der Ablaufkomplexität** war nach unseren Befunden vor allem bei automatisch beschickten Fertigungseinrichtungen festzustellen, die miteinander zu in sich **geschlossenen Fertigungssystemen** verknüpft wurden, zu Systemen also, in denen mehr als zwei in der Regel gleichartige Bearbeitungszentren oder Drehmaschinen vorwiegend durch Palettensysteme handhabungs- und transporttechnisch miteinander verbunden sind. Nicht nur die zahlenmäßig großen Datenmengen, die ein solches System benötigt, machen seine externe informationstechnische Versorgung mit Bearbeitungsprogrammen und mit PPS-gestützten Auftragsfolgeprogrammen sinnvoll und notwendig; vor allem zwingt der automatische Materialfluß und die flexible Nutzung der Maschinen innerhalb des Systems dazu, die Beschickung ebenso wie den Transport zwischen den Einrichtungen von übergeordneter Stelle gesteuert ablaufen zu lassen. Bei derartig verketteten Gesamtsystemen neigen daher die Betriebe geradezu zwangsläufig dazu, daß die Programmier- und Ablaufentscheidungen **zentral** in der Arbeitsvorbereitung oder zumindest in einem von der Anlage separierten, der Fertigungssteuerung und Arbeitsvorbereitung räumlich und hierarchisch näher gerückten Leitstand durchgeführt werden.

Darüber hinaus jedoch verbinden sich mit solchen Systemen nach unseren Befunden zunächst keine weiteren arbeitsteiligen Folgen, zumindest was die Arbeitsorganisation innerhalb des Anlageteams angeht. Entsprechend wurden in den bislang eher noch selten realisierten Systemen vereinzelt auch vergleichsweise homogene und hochqualifizierte Arbeitskräfteteams mit geringer Arbeitsteilung eingesetzt, mit denen eine hohe Verfügbarkeit solch neuartiger und komplexer Fertigungssysteme, insbesondere auch ihre Sicherstellung durch Notstrategien (zur manuellen Bedienung und Beschickung der einzelnen Anlagen), gewährleistet werden sollte. Ob sich derartige Arbeitsstrukturen in solchen Fällen halten konnten bzw. können, scheint freilich fraglich, zumal nach einer tendenziellen Ausschaltung von Störungsquellen in solchen Systemen letztlich auch eine personelle Besetzung mit geringer qualifizierten Arbeitskräften oder gar eine On-line-Verknüpfung mit der fertigungsnahen Verwaltung nicht ausgeschlossen ist. Hierauf verweisen zum einen Aussagen der Hersteller solcher Fertigungsanlagen. Zum anderen deutet sich in verschiedenen Untersuchungsfällen gegenwärtig bereits an, daß sich auch **innerhalb solcher Anlageteams** bereits (wieder) mehr oder weniger **arbeitsteilige Strukturen** herauskristallisieren: So bildeten sich vor allem bei kleineren Systemen ohne Leitstände innerhalb der Mannschaft zumeist wieder eine Aufteilung nach Bedie-

nungsarbeiten einerseits und Werkstückspannarbeiten andererseits heraus. Bei Maschinen und Maschinensystemen jedoch, in denen über eine integrierte Werkstückbeschickung auch die Spannarbeiten automatisch durchgeführt werden (wie beispielsweise bei selbstrüstenden Drehzellen), scheinen derartige homogene Arbeitsstrukturen noch weniger aufrechtzuerhalten sein, bleiben dort doch, abgesehen von den Arbeiten der Maschinenüberwachung und der Werkzeugkontrolle, nur noch einfache Bestückungsarbeiten an den Werkstück-, Vorrichtungs-, Greifer- oder Futterpaletten übrig.

(3) Weit zwingender stellt sich die Situation in den Fällen dar, wo kurzzyklisch zu bearbeitende und einfache Werkstücke von einem System aus mehreren Bearbeitungszentren und/oder Drehzellen abgearbeitet werden, die durch **eigenständige** Handhabungssysteme beschickt werden. Selbst bei kleineren Ausführungen solcher Fertigungssysteme, die eine manuelle Bestückung der Paletten in der unmittelbaren Nähe der Anlage im Prinzip noch zulassen würden und damit im Prinzip auch für arbeitsorganisatorische Alternativen offen stehen, erfordert die **Komplexität des Gesamtsystems** aus Maschine und adaptierter Handhabungseinrichtung (Industrie- oder Portalroboter) eine derart anspruchsvolle Überwachung und Bedienungstätigkeit, daß die Bündelung solcher Funktionen mit bloßen Bestückungsaufgaben kaum erwogen wird. Vielmehr tendieren die Betriebe hier zu einer aufgabenbezogenen und räumlichen Trennung der Paletten- bzw. Speicherbestückung, die dann im Grunde nur noch eine unterwertige "Resttätigkeit" darstellt; vor allem in größeren Systemen werden solche Bestückungstätigkeiten (die grundsätzlich durch die Verwendung automatischer Spannvorrichtungen quantitativ zunehmen können) tendenziell zu besonderen, zumeist zentral situierten Bestückungsplätzen zusammengefaßt.

Eine derartige **Tendenz zur Polarisierung traditioneller Facharbeitertätigkeiten** wird durch die Entwicklung in den Beschickungs- und Transporttechniken unterstützt, insbesondere wenn solche eigenständigen Verkettingungseinrichtungen die automatische und flexible Ver- und Entsorgung mehrerer, auf unterschiedlichem Technikniveau angesiedelter Anlagen innerhalb eines großen, ganze Fertigungs(teil)bereiche umfassenden Fertigungssystems übernehmen. In solchen Systemen bleiben zwar bestimmte Maschinenbedienertätigkeiten, wenn auch in quantitativ reduziertem Umfang und mit veränderten Arbeitsinhalten, weiterhin erforderlich, Werk-

stückrüst- und Spannvorgänge an der Maschine sind dagegen nicht mehr notwendig und können zeitlich und räumlich getrennt davon vorbereitet bzw. durchgeführt werden. Entsprechend wird auf der einen Seite Mehrmaschinenüberwachung mit größerer Verantwortung und geringeren Eingriffsmöglichkeiten installiert, während auf der anderen Seite Rüst- und Spannarbeiten aus dem Maschinenbereich immer mehr abgezogen und separat in zentralen Rüstplätzen in der Nähe der Teilelager zusammengefaßt werden. Systeme dieser Art werden bislang im Werkzeugmaschinenbau noch kaum eingesetzt und finden sich am ehesten in der Serienfertigung der metallverarbeitenden Industrie, wo solche polarisierenden Effekte hinsichtlich Arbeitsorganisation und qualifikatorischer Anforderungen auch am deutlichsten zum Ausdruck kommen.

(4) Unsere Befunde verweisen freilich darauf, daß die Tendenz zu **höherer Arbeitsteiligkeit** bei der Installierung größerer, mit automatischen Transport- und Beschickungssystemen ausgestatteter Fertigungssysteme sich auf Dauer nicht auf den Bereich der Serienfertigung kurzzyklisch zu bearbeitender Werkstücke mit geringer Wertschöpfung beschränken dürfte. Daß die Aufteilung der Arbeiten in höherwertige des Maschinenbedienens einerseits und in geringerwertige des Palettenrüstens andererseits, unabhängig von einer Anlagerung der Planungs-, Steuerungs- und Programmierfunktionen außerhalb der Fertigung, mit wachsender Zahl der verketteten Maschinen verstärkt auch in der Klein- und Mittelserienfertigung des Maschinenbaus und sogar des Werkzeugmaschinenbaus Realität werden könnte, ergibt sich vor allem aus den **Einschätzungen der meisten Hersteller** solcher Systeme: So kann etwa zum einen durch den Einsatz eines hochqualifizierten (Leitstand-)Operators und separat für das System bereitgehaltener Wartungs- und Reparaturfachleute ein Teil der bislang anspruchsvollen Qualifikationen bei den Maschinenbedienern wegfallen, so daß sich deren verbleibende Funktionen zu neuen und veränderten Tätigkeiten bündeln lassen. Zum anderen werden auch bestimmte Arbeiten der Feindisposition nicht mehr vor Ort an der Maschine durchgeführt, da die Fertigungsreihenfolge **zentral, zumindest vom Leitstand aus gesteuert oder optimiert**, für das gesamte System festgelegt wird. Auch **Rüst- und Spannaufträge** werden zentral veranlaßt und können von daher unabhängig von den Abläufen in den Maschinen abgewickelt werden. Im Prinzip besteht nach Meinung der Herstellerexperten die Möglichkeit zu einer derartig polarisierten Arbeitsorganisation bereits bei kleineren Mehrmaschinensystemen.

Aufgrund dieser Möglichkeit und in Fortführung bisher vorherrschender strukturkonservativer Personaleinsatzpolitiken neigen daher viele Anwender dazu, verbleibende einfache Arbeiten zu qualifikatorisch eher **unterwertigen Arbeitsplätzen** (mit intensiverem **und** kostengünstigerem Arbeitseinsatz) zusammenzufassen. Ob dann solche Rüstarbeiten "zusätzlich" in räumlicher Distanz vom Maschinenbereich (z.B. in der Nähe der Teilelager) durchgeführt werden, hängt vielfach noch von Besonderheiten der hauptsächlich zu bearbeitenden Werkstücke ab; so etwa z.B. auch davon, ob zusätzliche Arbeiten (wie etwa Meßoperationen) zwischen einzelne Bearbeitungsgänge zwischengeschaltet werden müssen und von daher gekoppelt mit den Rüstarbeiten vorgenommen werden, oder ob diese durch spezielle Meßmaschinen vorgenommen werden können, die ebenfalls transporttechnisch in die Systeme integriert werden.

(5) Eine **Tendenz zum Rüstzentrum** deutet sich vor allem bei **offen gestalteten Fertigungssystemen** an, in denen verschiedenste Bearbeitungsmaschinen mit unterschiedlichster beschickungstechnischer Auslegung (und Herstellerherkunft) sowie andere Maschinen, wie z. B. Meß- und Waschmaschinen, zusammengefaßt und durch den Einsatz von automatischen (insbesondere FTS-)Transporttechniken in ein übergeordnet gesteuertes Materialflußsystem integriert werden. Hingegen scheint dies bei den oben geschilderten sog. geschlossenen bzw. autarken, aus gleichartigen Bearbeitungsmaschinen bestehenden und im allgemeinen durch Palettensysteme beschickten Fertigungssystemen weniger der Fall zu sein, da hier bei einer räumlichen Erweiterung des Gesamtsystems die Vorteile der schienengeführten Beschickungs- und Transporttechniken (geringere Komplexität, Schnelligkeit, Kostenvorteile) verloren gingen. Aber auch solche autarken Systeme, die sich, wie oben gezeigt, im Prinzip für die Installation inselartiger Fertigungs- und Arbeitsstrukturen besonders anbieten, lassen sich durch ihren Anschluß an automatische Transporteinrichtungen für eine Integration in übergreifende Verkettungssysteme "öffnen".

So wird der Weg, automatisch beschickte Fertigungsanlagen und -systeme unterschiedlichster Art durch Transportsysteme zu integrieren, zunehmend auch im Werkzeugmaschinenbau möglich. Er führt auch dort, wie

unsere Befunde und Beispiele aus der Fachliteratur belegen,⁶ vereinzelt bereits zu ähnlich polarisierten Arbeitsstrukturen dahingehend, daß Rüst- und Spannarbeiten aus dem unmittelbaren Maschinenbereich abgezogen, an zentraler Stelle zusammengefaßt und dort neu, mit weiterer arbeitsteiliger Tendenz innerhalb der Rüstplätze, organisiert werden. Damit aber können nicht nur die noch vergleichsweise homogen gestalteten oder gestaltbaren Arbeitsstrukturen in solchen in sich geschlossenen Fertigungssystemen oder Fertigungsinseln, sondern auch die bislang noch anspruchsvollen Tätigkeiten an einzelnen CNC-Maschinen oder Bearbeitungszentren in ihrem Bestand gefährdet sein. Zwar erfordern solche Materialflußverkettungen nicht bei allen Maschinensystemen eine unmittelbare Integration von Beschickungs- und Transporteinrichtung; dennoch werden die Dispositionsspielräume der in Arbeitsinhalten ohnehin eingeschränkten Maschinenbediener - sowohl an einzelnen manuell oder teilautomatisiert beschickten CNC-Maschinen wie an Bearbeitungszentren mit integrierter Beschickung - durch die übergeordnet gesteuerte Zuführung von Werkstücken und Fertigungsaufträgen entscheidend eingeengt. Der Druck auf Mehrmaschinenbedienung wird verstärkt. Spann- und/oder Bestückungsarbeiten werden nunmehr von sämtlichen Fertigungseinrichtungen abgezogen und an einem zentralen Palettenvorbereitungsplatz zusammengefaßt. An den Maschinen selbst werden damit quantitativ weniger Facharbeiter benötigt; die freigesetzten Arbeitskräfte müssen befürchten, an Arbeitsplätzen mit unterqualifizierten und einseitigen, aber intensivierten Arbeitsanforderungen, sei es am Rüstplatz, sei es anderswo, eingesetzt zu werden.

Damit aber sind solche Polarisierungseffekte aufgrund des Einsatzes von FTS-Transporteinrichtungen auch in all jenen Bereichen der Klein- und Mittelserienfertigung vorstellbar, in denen eine voll- oder hochautomatisierte Beschickung einzelner oder mehrerer Maschinen aus den oben geschilderten werkstück- und bearbeitungstechnischen Gründen bislang eher unwahrscheinlich ist.

(6) In diesem Zusammenhang ist auch kurz auf die Bedeutung fertigungstechnisch relevanter EDV-Systeme (wie z. B. PPS-, CAD/CAM-, DNC-Systeme) einzugehen, wie sie ja im Werkzeugmaschinenbau bislang eine

6 Vgl. etwa die FFS-Beispiele bei Hammer 1987, die sämtlich einen separierten Rüstplatz vorsehen.

weit stärkere Verbreitung erfahren haben als etwa automatisierte Beschickungseinrichtungen. Dies gilt insbesondere für **rechnergestützte Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme**;⁷ mit dem Einsatz solcher - vorrangig zentralistisch ausgelegter - Organisationstechniken versuchten die Betriebe, die gesamtbetriebliche Produktivität zu steigern, die Flexibilität gegenüber dem Markt zu erhöhen, die Gesamtdurchlaufzeiten zu verkürzen und die Lagerbestände abzubauen. Auf der Basis automatischer Transportsysteme und/oder ihrer partiellen Verknüpfung mit automatischen Beschickungseinrichtungen lassen sich, wie verschiedene Befunde zeigten, diese strategischen Bestrebungen der Betriebe zusätzlich forcieren, indem die Fertigung immer umfassender mit - auf PPS-Basis errechneten - immer engeren ablauftechnischen, mengenmäßigen und zeitlichen Vorgaben aus der Arbeitsvorbereitung konfrontiert wird. Abgesehen von den nach wie vor problematischen Erfahrungen mit solchen Systemen, entstehen erhebliche Restriktionen für die Arbeitskräfte in der Fertigung, nicht nur dadurch, daß sie über Fertigungsabläufe und Bearbeitungsreihenfolgen kaum mehr selbst entscheiden können, sondern auch, weil die nunmehr nach zentralen Vorgaben optimierte technisch-materialisierte Abfolge des Fertigungs- und Materialflusses die kurzfristige Fertigungsflexibilität erheblich einschränkt. Dies läßt kaum mehr Spielräume für eine in der Regel (wegen nicht vorhersehbarer Störungen, wegen kurzfristiger Sonderaufträge etc.) nach wie vor notwendige Feinsteuerung offen: Für die Arbeitskräfte, insbesondere aber auch für die Meister, bleiben so praktisch keine Dispositionsmöglichkeiten übrig; Engpässe müssen durch andere Strategien eher herkömmlicher Art bewältigt werden (z.B. durch Überstunden an den nicht im Schichtbetrieb eingesetzten, konventionellen Anlagen, durch Auftragsvergabe in den Sonderfertigungsbereich usw.); auch die Abläufe in den vor- und nachgelagerten, kein vergleichbares Automatisierungsniveau aufweisenden Fertigungsbereichen (Stichwort: montagebezogene Teilefertigung) werden zwingender durchorganisiert, ebenso wie die Arbeit an jenen in das System eingebundenen Arbeitsplätzen, an denen die Werkzeugmaschinen noch manuell bedient oder beschickt werden.

Damit induzierte und verstärkte nach unseren Untersuchungsergebnissen die Möglichkeit der automatischen Beschickung und des Einsatzes auto-

7 Vgl. dazu insbesondere Manske, Wobbe-Ohlenburg 1984 und Hirsch-Kreinsen 1984.

matischer Transportsysteme bzw. die mechanisch-ablauftechnische Verknüpfung von (durchaus auch nur datentechnisch vernetzbaren) Fertigungseinrichtungen offensichtlich auch Tendenzen zur Einrichtung und Verfeinerung zentralistisch ausgerichteter PPS-Systeme und damit zur Installation oder Verfestigung arbeitsteiliger Strukturen selbst in bislang davon eher weniger betroffenen Fertigungsbereichen.

(7) Auch wenn **im spanenden Bereich, vor allem der Kleinserienfertigung** im Maschinenbau und insbesondere im Werkzeugmaschinenbau, derartige arbeitsorganisatorische und qualifikatorische Folgen aufgrund des Einsatzes automatischer Beschickungs- und Transportsysteme im Vergleich zur Serienfertigung großbetrieblicher Anwender noch wenig zu beobachten sind, und derartige Effekte eher in Zusammenhang mit anderen informationstechnisch gestützten Fertigungstechniken diskutiert werden (wobei sich diesbezüglich noch keine eindeutigen Entwicklungsrichtungen abzeichnen scheinen), so ist im **Ergebnis** aufgrund unserer Befunde doch festzuhalten: Der Einsatz automatisierter Beschickungs- und Transportsysteme (sieht man einmal von evtl. damit verbundenen Implementationschwierigkeiten ab) bewirkt mit wachsendem Systemumfang automatisierter und/oder verkettbarer Anlagen - und damit wachsendem Umfang an eingesparten Handhabungsoperationen - spezifische Bedingungen und Optionen für einen Neuzuschnitt der verbleibenden Aufgaben und erzeugt damit u. a. Risiken zu einer Polarisierung der Arbeit auch in diesen bisher vor einer verstärkten Taylorisierung verschonten Arbeitsbereichen. Entsprechende Risiken und Effekte sind um so größer, je mehr bestimmte Einflußgrößen, wie z. B. traditionelle Politiken des Arbeitseinsatzes, eine strukturkonservative Auslegung des Technikangebots oder die zunehmende systemische Ausrichtung von Rationalisierungsmaßnahmen, dort Geltung erlangen. Dies ist aber auch der Fall, je eher neuere technische Entwicklungstendenzen, etwa in der Produktstandardisierung, in der Werkstückhomogenisierung oder in der Handhabung selbst, an Bedeutung gewinnen, und dadurch noch in vielen Bereichen der Klein- und Mittelserienfertigung des Maschinenbaus bestehende (stoffliche) Hindernisse für eine weitergehende und prozeßintegrierende Beschickungs- und Zuführungsautomatisierung in Zukunft abgebaut werden können.

Exemplarisch hierfür seien die bereits erwähnten Entwicklungen in der Werkstückspannung genannt: Mit technologisch fortgeschrittenen Spannvorrichtungen kann man sowohl unterschiedlichste Werkstücke ohne Vorrichtungswechsel spannen, als

auch durch computergestützte Andruck-Steuerung der jeweiligen Empfindlichkeit von Werkstückmaterial und -oberfläche eher Rechnung tragen. Ähnliche Effekte sind auch aufgrund der, wenn auch vergleichsweise schleppenden Entwicklungen im Bereich von Greifern und Sensoren zu vermuten. Durch derartige Techniken könnten einzelne, bislang relativ stabile "Automatisierungssperren" in der Handhabung und Beschickung von Werkstücken aufgebrochen und Entwicklungslinien begünstigt werden, die der oben geschilderten Richtung polarisierter Arbeitsteilung folgen könnten (z. B. dadurch, daß in den bisher stark konsolidierten Bereichen der teilautomatisierten Palettenbeschickung von Bohr- und Fräsmaschinen die Verwendung anderer automatisierter Beschickungslösungen möglich wird: Eigenständige Handhabungssysteme könnten die Werkstücke in automatische Spannvorrichtungen legen, wodurch die für Palettenbestückung bislang noch üblichen Spann- und Rüstarbeiten weitgehend wegfallen könnten).

Auch die Tendenzen zur bloßen datentechnischen Integration isoliert aufgestellter Fertigungsaggregate und zur Installation in sich geschlossener Mehrmaschinensysteme und damit zur Abkehr von (früheren) Bestrebungen zur Einrichtung von "Mammutsystemen" der flexiblen Fertigung können dazu beitragen, daß eine transporttechnische Verknüpfung solch singular situierter Fertigungszellen und Fertigungsinseln auch im Bereich der Kleinserienfertigung in eine realisierbare Nähe rückt. Eine derartige, die informationstechnische Integration ergänzende Verkettung von im Prinzip autarken, dezentral organisierten Einzelsystemen in einem zentral gesteuerten Materialfluß könnte auch hier jene Tendenzen auslösen oder verstärken, die den Abzug von Programmier- und Dispositionsaufgaben aus der Fertigung begünstigen bzw. die Aufspaltung der verbleibenden Arbeiten in der spanenden Fertigung zwischen Maschineneinrichtung und -überwachung einerseits und Bestückungsarbeiten andererseits, also polarisierte Arbeitsstrukturen, nahelegen.

V. Veränderungen auf dem Technikmarkt und in der Struktur der Hersteller-Anwender-Beziehungen

Die zunehmenden Anforderungen an eine flexible Automatisierung der Fertigungsprozesse hatten, wie bereits vereinzelt angedeutet, auch gravierende Auswirkungen auf die bisherigen Strukturen im - marktvermittelten - Verhältnis zwischen den Herstellern und Anwendern von Fertigungstechniken. Auch wenn im Vordergrund unserer Untersuchung die Durchsetzung neuer Beschickungs- und Verkettungstechniken stand, so verweisen unsere Befunde eindeutig auf den **generellen Charakter der beobachteten Entwicklungen**: Der Trend zur Entwicklung und Lieferung kompletter systemtechnischer Fertigungslösungen, innerhalb derer der Einsatz von Handhabungstechniken eine mehr oder weniger wichtige Rolle spielte, hatte nahezu alle fertigungstechnischen Sparten erfaßt, insbesondere die hier relevanten Techniken im Bereich der spanenden Fertigung. Von daher betreffen unsere Aussagen die Veränderungen auf dem Technikmarkt und in den Beziehungen zwischen Herstellern und Anwendern allgemein, Veränderungen, die gleichwohl im konkreten Fall für die Auswahl und Gestaltung der Werkstückhandhabung innerhalb komplexer fertigungstechnischer Lösungen - und für die damit verbundenen arbeitsbezogenen Implikationen - von erheblicher Bedeutung sein können.

Waren die Anforderungen an neue Steuerungstechniken, integrative Schnittstellen oder umfassende systemtechnische Lösungen anfangs noch zahlenmäßig gering und eher an Einzelaspekten der Automatisierung orientiert, so richteten sich - wie bereits ausgeführt - die Wünsche der Anwender immer stärker, je mehr sich bei ihnen auf den Gesamtprozeß bezogene, systemische Rationalisierungsstrategien durchsetzten, auf die Entwicklung und Lieferung kompletter und funktionsfähiger Problemlösungen: Maschinentechniken sollten nicht mehr "nur" bestimmte Bearbeitungsabläufe oder die (großserienmäßige) Bearbeitung bestimmter Teile ermöglichen; vielmehr sollten sie - mit steigender Anforderungstendenz - in der Lage sein, ganze Werkstückfamilien und -spektren unter spezifischen zeitlichen Anforderungen bei höchster Anlagenverfügbarkeit flexibel und in kleinen Mengen abzuarbeiten. Es wurden also in zunehmendem Maße integrierte Fertigungs(teil-)systeme oder zumindest integrationsfähige Komponenten zur maschinen- und systemtechnischen Verknüpfung

der Fertigungsabläufe abverlangt. Die Hersteller wurden dadurch aber immer stärker in die Rationalisierungsprozesse ihrer Anwenderkunden hineingezogen und unmittelbar mit deren produktionsbezogenen Schwierigkeiten konfrontiert.

Dieser Wandel stellte Technikhersteller von Werkzeugmaschinen und von Handhabungstechniken gleichermaßen hinsichtlich ihrer Produkt- und Produktentwicklungspolitik vor gravierende Probleme; er machte vor allem **grundlegende Veränderungen** in ihren organisatorischen und qualifikatorischen Strukturen, in ihrer Absatzpolitik und partiell in ihrer Fertigungsweise erforderlich. Solche Veränderungen bei den Herstellerbetrieben selbst sind aber ebenso wie die sich dabei auf dem Technikmarkt neu herausbildenden zwischenbetrieblichen Beziehungen als Folge und als **Ausdruck der veränderten Stoßrichtung in den industriellen Rationalisierungsprozessen** (der Anwender) zu verstehen: Deren zunehmend systemische Orientierung führt nicht nur zu neuartigen, auf eine stärkere Integration der Abläufe ausgerichtete Maßnahmen in den Betrieben der Technikhersteller, sondern gleichzeitig auch zu Veränderungen in der Arbeitsteilung zwischen Herstellern und Anwendern (Verschiebung von Planungs- und Gestaltungskompetenzen, Verlagerung von Wartungs- und Reparaturfunktionen etc.) und läßt zwischen ihnen - weit über die bisherigen Austauschverhältnisse hinaus - organisatorisch und ablaufbezogen eng verknüpfte, vereinzelt auch schon datentechnisch integrierte Beziehungssysteme entstehen.

Im folgenden gehen wir daher zunächst darauf ein, wie sich der bislang weitgehend als Verkäufermarkt strukturierte **Markt für Fertigungstechniken** tendenziell nach Herstellern von Systemlösungen einerseits und von fertigungstechnischen Komponenten andererseits **polarisierte**; insbesondere wollen wir aufzeigen, welche Probleme auf die Hersteller zukamen, wenn sie zum Systemlieferanten werden wollten bzw. mußten, und wie sie darauf reagierten.

Im Anschluß daran versuchen wir, die in unserem Untersuchungsfeld vorgefundenen **differenzierten Formen der Hersteller-Anwender-Beziehung** in ihrer Relevanz und in ihren Besonderheiten zu skizzieren; dabei orientieren wir uns an **vier Strukturtypen**, die sich nach der jeweiligen betriebsstrategischen Orientierung der beteiligten Betriebe unterscheiden lassen. Ausgehend von den beiden bislang in diesem Bereich vorherrschenden,

tendenziell an Bedeutung verlierenden Konstellationen (dem **rein markt-mäßigen (indifferenten) Verhältnis** zwischen Hersteller und Anwender sowie der **Hersteller-Anwender-Identität**, wo der Hersteller Techniken für den Markt entwickelt **und** bei sich selbst einsetzt), konzentrieren wir uns auf die sich im Verlauf der Entwicklung herausbildenden **neuen** Formen: zum einen auf Beziehungen, bei denen der Anwender zum eigenen Systemlieferanten wird und die dem Typus der **begrenzten Dominanz des Anwenders** gegenüber den Techniklieferanten entsprechen; zum anderen aber vor allem auf das hier im Vordergrund der Analyse stehende Verhältnis der **Hersteller-Anwender-Kooperation**, innerhalb dessen die Fertigungslösung vom Hersteller als Generalunternehmer in Zusammenarbeit mit dem Anwender, dem er aber voll verantwortlich ist, entwickelt und geliefert wird - mit durchaus ambivalenten Aspekten für beide Teile.

Ziel unserer Analyse ist es, die in den unterschiedlichen Formen von Hersteller-Anwender-Beziehungen strukturell angelegten Chancen und Risiken für die Berücksichtigung konkreter anwendungsbezogener und verbreitungsrelevanter Anforderungen zu bestimmen; Zusammenhänge, die für eine Einschätzung der Voraussetzungen und Möglichkeiten, aber auch der Grenzen zur Vermeidung oder Steuerung bestimmter Rationalisierungsauswirkungen für die Beschäftigten - und damit auch für das Aufzeigen entsprechender forschungs- und förderpolitischer Potentiale und Ansatzpunkte -, von entscheidender Bedeutung sein können.

1. Die Polarisierung des Herstellermarktes und der schwierige Weg vom Hersteller einzelner Fertigungstechniken zum Systemlieferanten

Die **bisherige Verkäufermarktorientierung** auf dem Markt für Fertigungstechniken - sieht man einmal vom Sondermaschinenbau ab - bewirkte, daß die Produkte und Leistungen der Hersteller vorrangig auf das Angebot, den Verkauf und die Lieferung von Einzelmaschinen oder einzelnen Peripherieeinrichtungen beschränkt blieben. Vorrangiges Absatzkriterium war die Leistungsfähigkeit hinsichtlich Bearbeitungsgeschwindigkeit, Dimensionierung, Präzision, Umrüstbarkeit und Bedienbarkeit. Diese Aspekte waren es auch, auf die bezogen viele Hersteller "maßgeschneiderte" Maschinen lieferten. Serviceleistungen beschränkten sich weitgehend auf Er-

satzteillieferungen und Einzelreparaturen. Das Aufstellen und Einfahren der Techniken, insbesondere das Zusammenstellen von Komponenten zu zusammenhängenden Anlagen, oblag weitgehend den Anwenderbetrieben.

Hieran änderte sich zunächst auch vergleichsweise wenig durch den allmählichen Einbau von NC- und CNC-Steuerungen, auch wenn die Anpassung der Mechanik für zahlreiche Maschinenhersteller enorme Probleme mit sich brachte. Qualifikationen im Elektronik- und Programmierungsbe-
reich waren bei den Herstellern wie bei den Anwendern gleichermaßen nur in geringerem Umfang vorhanden und mußten erst sukzessive heran-
gebildet werden. Diese Situation galt zunächst auch für die Hersteller von
einzelnen Beschickungs- und Transporteinrichtungen, zumal die relevan-
ten Schnittstellen des Fertigungsprozesses (wie etwa Bestückung und Ent-
ladung von Paletten usw.) bislang vorwiegend manuell bewältigt wurden
(sieht man einmal von den Transferstraßen in der Großserienfertigung
ab). Erst mit den Anfängen zu systemischen Rationalisierungsüberlegun-
gen bei den Hauptanwendern von Werkzeugmaschinen, insbesondere in
Form von Bestrebungen zur flexiblen Automation, kam Bewegung in diese
Strukturen.

(1) Die zunehmenden Anforderungen an die flexible Automatisierung der
Fertigung lösten, wie gezeigt, eine Welle von Forschungs- und Entwick-
lungsvorhaben und von Produktinnovationen aus, die in Form hoher **Er-
wartungen der Anwender** auf den Technikmarkt zurückschlug. Anfragen
nach flexiblen Techniken wurden in immer größerem Umfang und in pau-
schaler Form gestellt und enthielten vielfach Anforderungen, die über den
Stand der Technik hinausreichten und von der breiten Diskussion über
Spitzentechniken geprägt waren. Die Hersteller waren daher zunehmend
gezwungen, Analyse-, Beratungs-, Planungs- und Projektierungsleistungen
zu erbringen, für die umfassende steuerungs- und EDV-technische Quali-
fikationen erforderlich waren. Für die meisten Hersteller erwiesen sich
dabei vor allem zwei Punkte als **problematisch**:

- o **Generelles Wissen oder gar Erfahrungen über den Einsatz von Steue-
rungstechniken**, über deren konkrete Verknüpfung mit anderen
Steuerungsfabrikaten und mit EDV-Systemen, über die Softwarege-
staltung sowie über die Entwicklung und Realisierung computerge-
steuerter Fertigungsabläufe waren praktisch **nicht vorhanden und
mußten sukzessive aufgebaut** werden. Zudem bezogen sich die An-

forderungen der Anwenderbetriebe vorrangig auf bearbeitungstechnische und werkstückbezogene Vorgaben und waren hinsichtlich anwendungs- und ablaufbezogener Zielsetzungen und Gegebenheiten der jeweiligen Anwenderfertigung wenig konkret und detailliert. Die Hersteller mußten sich daher immer mehr bereits im Vorfeld von Vertragsabschlüssen mit den jeweiligen Fertigungsabläufen und Umfeldbedingungen des Einsatzbereiches geplanter Anlagen beim Anwender intensiv befassen.

- o Auch nach Vertragsabschluß konnte der **Projektierungsaufwand** gewaltige Dimensionen erreichen, war es doch notwendig, aufgrund genauerer Problemanalysen geeignete Kompromißentscheidungen und Abstimmungsprozeduren herbeizuführen. Als problematisch erwies sich dabei vor allem, daß auf der Seite der Anwender oft die geeigneten "Partner" fehlten, die sowohl hinsichtlich ihrer eigenen Fertigungsabläufe als auch hinsichtlich des Umgangs mit neuen Techniken ausreichend kompetent waren. Zusätzliche, oft **nicht vorhersehbare Aufwendungen** konnten vor allem durch Komplikationen bei den Schnittstellen, aufgrund mangelhafter Übersicht und entsprechend unzureichender Bereitstellung von Werkstücken und Werkzeugen, durch Abstimmungskonflikte mit anderen Technikherstellern sowie durch eine permanent notwendige Anpassung und Revision der Software entstehen.

(2) Um die damit verbundenen Schwierigkeiten zu bewältigen, waren die Technikhersteller zu erheblichen Investitionen in die Heranbildung bzw. Beschaffung von **Know-how** und zu **grundsätzlichen Umstrukturierungen** in ihren Betrieben selbst gezwungen:

- o Die Notwendigkeit, sich systematisch steuerungstechnische und EDV-technische Kenntnisse sowie Fertigungskompetenzen für bestimmte Anwendungsfelder ihrer Hauptabsatzbereiche anzueignen, erforderte einmal die interne und externe **Schulung** und praktische Heranführung des eigenen Personals an **veränderte fertigungstechnologische Fragen**. Maschinenbauer wie Vertriebsexperten mußten ausreichende Elektronik- bzw. Informatikkenntnisse sowie sukzessive Erfahrungen im Anlagen-Engineering und in der Fertigungsorganisation erwerben. In der Regel mußten entsprechende Qualifikationen aber auch extern, sofern auf dem Arbeitsmarkt verfügbar, rekrutiert werden.

- o Erforderlich waren ferner **grundlegende produktpolitische Veränderungen**. Dazu gehörte einmal die beschleunigte Entwicklung neuer und verbesserter, vor allem systemtechnisch integrierbarer Fertigungseinrichtungen. Darüber hinaus, versuchten zahlreiche Hersteller, mit der eigenen Technik eng abgestimmte elektronische Steuerungen selbst zu entwickeln und zusammen mit der fertigungstechnischen Hardware auf dem Markt anzubieten und zu verkaufen. Hierzu war der Aufbau spezieller Abteilungen zur produkttechnischen Adaption fremder oder zur Entwicklung und Herstellung eigener Steuerungstechniken notwendig; vielfach wurde dies durch Kooperation mit Steuerungsherstellern oder durch den Kauf bzw. die unternehmensinterne Eingliederung solcher Betriebe zu bewältigen versucht. In der Regel war damit ein immenser Aufwand an Entwicklungsarbeit verbunden, was aber zu einem späteren Zeitpunkt die problemlosere Verbreitung der eigenen Fertigungstechniken begünstigte bzw. begünstigen konnte (und die partielle Kompensation des tendenziell abnehmenden wertmäßigen Anteils der Mechanik an den gelieferten Anlagen ermöglichte). Für den Erfolg bzw. Mißerfolg solcher veränderter Produktpolitiken spielten häufig auch die dahinterstehenden grundsätzlichen absatz- und produktpolitischen Philosophien der Hersteller eine Rolle (wie z.B. die Festlegung auf Universalgeräte oder auf eng anwendungsbezogene Lösungen, auf spezifische Gerätetypen oder auf modular ausbaubare Produktkonzepte usw.).

- o Angesichts des zeitlichen und finanziellen Aufwandes, den derartige Umorientierungen und Umstrukturierungen für den Hersteller mit sich brachten, zögerte ein großer Teil der Betriebe, diesen Weg konsequent zu gehen; zahlreiche Hersteller konnten den dafür notwendigen Aufwand überhaupt nicht erbringen oder scheiterten in ihren Bemühungen. Hinzu kam, daß die Hersteller auf Dauer - über die Bereitstellung von Analyse- und Projektierungskapazitäten hinaus - **weitere Serviceleistungen** in ihr Programm aufnehmen mußten (zur Schulung von Anwender-Arbeitskräften, zur regelmäßigen Wartung und Instandhaltung, zum Rund-um-die-Uhr-Service usw.). Gleichzeitig mußten immer **größere finanzielle Risiken** (wachsender Umfang der Vorfinanzierung, Verantwortlichkeit und Haftung für die Gesamtsysteme, Zusicherung hoher Nutzungs- und Verfügbarkeitsgrade usw.) übernommen werden.

(3) Im Zuge dieser Entwicklungen gliederte sich der **Markt für Fertigungstechniken** nicht mehr so sehr auf nach Herstellern von Standard- und Universalmaschinen einerseits und von Spezial- und Sondermaschinen andererseits (was in ähnlicher Weise für den Teilmarkt der Handhabungs- und Beschickungstechniken galt); vielmehr **polarisierte** er sich zunehmend in der Weise, daß sich auf der einen Seite die Hersteller bzw. Lieferanten von systemtechnischen Fertigungslösungen (Systemlieferanten) befanden, während auf der anderen Seite Lieferanten von Einzeltechniken und von integrationsfähigen Komponenten (Komponentenlieferanten) angesiedelt waren.¹ Der Wandel in der Produktpalette vieler Hersteller schlug sich also darin nieder, daß Systemlieferanten in immer umfassenderer Weise komplette, teilweise mit einer übergreifenden Steuerung bzw. mit entsprechenden Schnittstellen ausgestattete Fertigungszellen und -systeme anboten und installierten. Auch wenn mit solchen Systemen verschiedene Bearbeitungstechniken und Fertigungsanlagen von **einem** Hersteller geliefert wurden, stellte dies nur auf den ersten Blick eine Lieferung "aus einer Hand" dar; vielmehr handelte es sich dabei um fertigungstechnische Einrichtungen unterschiedlicher Herstellerherkunft (z.B. von speziellen Herstellern von Fräsmaschinen, Drehmaschinen, Wascheinrichtungen etc.), die aber von einem gesamtverantwortlichen Hersteller systemtechnisch integriert wurden. Die Hersteller von fertigungstechnischen Komponenten hingegen lieferten ihre Produkte entweder für solche Systemlieferanten oder aber für Eigenbausysteme der Anwenderbetriebe; dabei waren aber auch sie tendenziell gezwungen, integrationsfähige Komponenten mit geeigneten Schnittstellen anzubieten bzw. zu entwickeln, deren Funktionsfähigkeit gegenüber den Systemlieferanten zu verantworten und diesbezüglich mit diesen bzw. mit den Anwendern zusammenzuarbeiten.

Angesichts dieser zunehmenden Polarisierung auf dem Markt für Fertigungstechniken, mit der sich natürlich auch spezifische Konsequenzen für die Anwenderbetriebe und deren Arbeitskräfte verbinden (vgl. dazu weiter unten), sahen sich viele Technikhersteller - darunter vor allem auch Werk-

1 Darüber hinaus war als weiterer Wandel zu konstatieren, daß dieser Markt zunehmend durch die generelle Aufspaltung des Technikmarktes in Hersteller von maschinen- und fertigungstechnischen Systemen einerseits und von (fertigungsbezogenen) EDV-Systemen andererseits überlagert wurde.

zeugmaschinenbaubetriebe - vor eine zwingende Alternative gestellt: In der Entwicklung zum Systemlieferanten schien und scheint die einzige Chance zu liegen, zukünftig in der Konkurrenz erfolgreich bestehen zu können, insbesondere vor dem Hintergrund bestehender Überkapazitäten (vgl. NC-Report 1984, S. 35f., und NC-Fertigung 1982b, S. 58f.) auf dem Markt überleben und den aufgrund des Rückgangs der mechanischen Bestandteile der Fertigungssysteme schrumpfenden Wertschöpfungsanteil (vgl. dazu etwa NC-Praxis 1984, S. 48ff., und Kohoska 1985, S. 92) auf Dauer ausgleichen zu können. Auch wenn diese Sichtweise erheblich überzogen gewesen und die grundsätzliche "Existenzberechtigung" vieler Technikhersteller allein schon wegen der Vielfalt an möglichen fertigungstechnischen Aggregaten und an unterschiedlichen Anwendungsfeldern auch weiterhin gegeben sein dürfte:² Für viele von ihnen zeichnete sich - abgesehen von der Existenzbedrohung einzelner Betriebe - andernfalls nur die Möglichkeit ab, Funktion und Position eines "Zulieferers" von Teiltechniken (für Systemlieferanten oder für Eigenbauer unter den Anwenderbetrieben) zu übernehmen. Damit verband bzw. verbindet sich freilich - falls keine Alternativen etwa zur Nischenproduktion, zu spezifischen Produktinnovationen offen stehen - für das Gros der Komponentenlieferanten eine größere und unmittelbarere Abhängigkeit als bislang hinsichtlich geringem produkttechnischem Einfluß, Preisdruck, Liefertermindruck usw.

(4) Der Weg vom herkömmlichen Werkzeugmaschinenbauer (bzw. Hersteller von Handhabungsgeräten) zum **Ausrüster mit systemtechnischen Komplettlösungen** war und ist allerdings äußerst langwierig und problematisch (vgl. dazu auch bei Kohoska 1985):

- o Trotz der hierzu notwendigen langwierigen und grundlegenden Umstrukturierungen in der Organisation, in den verfügbaren Qualifikationen und in der Produktpolitik mußte zunächst einmal die bestehende Marktposition und die **Kontinuität der bisherigen Fertigungs- und Absatzprozesse** gesichert bleiben. Die Bewältigung der neuen Marktanforderungen versuchte man, dabei eher schrittweise, etwa durch die sukzessive Übernahme traditioneller Außendienstaufgaben durch den Innendienst (Einsatz von Verkaufsingenieuren), durch das Erproben **neuer Formen des "Projektmanagements"** (Heranbildung

2 Vgl. dazu etwa das breite Spektrum an Verkettungseinrichtungen und der auf diesem Sektor produzierenden Anbieter in Materialfluß 1987, S. 75-106.

und Einsatz von Projektingenieuren) zu erreichen; beides kollidierte freilich vielfach mit bisherigen Erfahrungen und Routinen des Verkaufs und der Produktentwicklung.

- o Den neuen Produktanforderungen der Technikanwender trugen viele Herstellerbetriebe in differenzierter Weise Rechnung. Die einen beschränkten sich, soweit sie solche Anforderungen nicht grundsätzlich abwehren wollten oder konnten, auf den **nur schrittweisen Einbau** von Automatisierungs- und Integrationsbausteinen in ihre Produktpalette; sie tendierten jedoch dazu, sich der Forderung nach umfassenderen Problemlösungen (insbesondere der Einbindung ihrer Fertigungstechniken in übergeordnete Rechnersysteme) zu entziehen. Andere Betriebe versuchten, durch den - aufwendigen und riskanten - Aufbau **eigener systemtechnischer Abteilungen** und durch die **Entwicklung und Herstellung eigener Steuerungen** und Software die Käufer solcher Systemtechniken an die eigenen Produkte zu binden und damit ihren Absatz auf diesem wachsenden Produktsektor langfristig abzusichern.
- o Die Lieferung kompletter Systemlösungen bedeutete ferner, daß innerhalb der Systeme auch andere und im Prinzip für den Hersteller fremde Techniken und Fertigungsfunktionen zu integrieren waren. Um die Funktionstüchtigkeit solcher Systeme überhaupt gewährleisten zu können, war es daher notwendig, die dafür entscheidenden Voraussetzungen und Grenzen einer Integration im vorhinein zu klären. Dazu war die intensive Beschäftigung auch mit bislang fremden Bearbeitungstechniken und -abläufen oder z.B. mit Handhabungstechniken erforderlich. Die Systemlieferanten mußten sukzessive entsprechendes Know-how entwickeln und auf den Teilmärkten für fertigungs- und systemtechnische Komponenten neue Geschäfts- und Kooperationsbeziehungen aufbauen. Zugleich bedurfte es erst allmählich erwerbbarer neuer Qualifikationen und Erfahrungen, um im Umgang mit den Komponentenherstellern (und den Anwendern) die Abwicklung solcher Komplettlösungsprojekte bis zur endgültigen Inbetriebnahme (und darüber hinaus) erfolgreich bewerkstelligen und beherrschen zu können.

Die daher zunächst noch sehr differenzierte und teilweise zögerliche Entwicklung wich allerdings im Laufe der Zeit bei den meisten Herstellerbetrieben, die sich mit Komplettlösungen befaßten, einer strategisch forcier-

ten Hinwendung zur Entwicklung und zum Angebot systemtechnischer Problemlösungen unter dem Druck der Erkenntnis, daß der **Wert** der elektronischen Steuerungen und **der Systemtechnik am gesamten Produktionswert** der gelieferten maschinentechnischen Problemlösungen einen immer gewichtigeren Teil des Auftragswertes ausmachen würde (nach unseren Befunden bis zu 50 % des Auftragswertes).

Vor allem für **viele Roboterhersteller** stellte der schwierige Weg zum Systemlieferanten die einzige Chance dar, ihre als Einzelkomponenten nicht ausreichend nachgefragten Handhabungssysteme im Rahmen von Systemlösungen besser absetzen zu können und sich damit gleichzeitig einen neuen Markt zu eröffnen; dieser Weg brachte freilich - wie bereits angedeutet - für sie einen in der Regel weit über die Anstrengungen der Werkzeugmaschinenhersteller hinausgehenden systemtechnischen Aufwand (insbesondere hinsichtlich der Abstimmung mit fremden Steuerungen und Rechnersystemen) mit sich, den nur wenige Betriebe zu leisten vermochten.

(5) Problematisch an der Strategie, sich verstärkt auf die Anforderungen der flexiblen Automation einzulassen und die eigenen Betriebsstrukturen entsprechend umzustellen, war vor allem, daß die meisten Hersteller von Fertigungstechniken für die Entwicklung und Lieferung systemtechnischer Lösungen über längere Zeit auf dem Markt **zunächst kein ausreichendes finanzielles Äquivalent** erzielen konnten. Insbesondere wurden die zusätzlich erbrachten Leistungen der Planung und Beratung, der Projektierung und Integration von Fertigungseinrichtungen wie auch deren Installation und Eingliederung in den Betrieb des Anwenders nur partiell honoriert.

Die Ursachen für die mangelnde projektbezogene Abrechenbarkeit derartiger Leistungen lagen - und liegen zum Teil auch heute noch - darin, daß die **Struktur des bisherigen Verkäufermarktes** auch bezüglich der Lieferung solch neuer, systemtechnischer Produkte **fortwirkte**. Beratungs- und Planungsleistungen vor Vertragsabschluß, die dabei ein (zunehmend) erhebliches Ausmaß annahmen, waren in der Regel nicht abrechenbar. Diese Leistungen gehörten aus der Sicht der Anwenderbetriebe zur Angebotserstellung, zumal der Preis für CNC-gesteuerte Maschinen und/oder Fertigungssysteme generell deutlich über dem konventioneller Lösungen lag. Zudem wurden seitens der Hersteller die Schwierigkeiten und der Aufwand für die Automatisierung und Integration systemtechnischer Fer-

tigungsanlagen vor allem in der Anfangsphase der Entwicklung erheblich unterschätzt. Oft mußte die gesamte Systemtechnik für den je spezifischen Anwendungsfall entwickelt und/oder durchgehend adaptiert werden. Nicht selten wuchs der Projektierungsaufwand auch dadurch, daß erst nachträglich Erkenntnisse über den konkreten Fertigungsprozeß gewonnen wurden oder daß laufende Produkt- und Fertigungsveränderungen sowie sukzessiv ausgedehnte Wünsche des Anwenderbetriebs organisatorische und softwarebezogene Ergänzungen, Anpassungen oder Weiterungen nach sich zogen. Damit verband sich ein Aufwand des Herstellers, der allerdings anfangs nur schwer separat zu ermitteln war und gesondert in Rechnung gestellt werden konnte.

Insgesamt gesehen konnte daher der Beratungs- und Projektierungsaufwand für Systemlösungen das Vielfache der in der Angebotskalkulation ausgewiesenen Positionen betragen, ein Kosten- und Finanzierungsproblem für die Herstellerbetriebe, das durch den im Verhältnis zur geringen Anzahl der abgeschlossenen Aufträge immensen Akquisitions- und Beratungsaufwand vor Vertragsabschluß zusätzlich verschärft wurde. Zudem mußten die Technikhersteller zu Beginn ihres systemtechnischen Engagements in erheblichem Umfang anwenderspezifische Leistungen erbringen, die nicht übertragbar waren, weshalb zunächst auch Kostenersparnisse durch entsprechende "economies of scales" entfielen.

(6) Die Hersteller versuchten deshalb zunehmend, wenn auch mit unterschiedlichem Erfolg, diesem **Kostenrisiko durch strategisch verschieden ansetzende Maßnahmen zu begegnen**. Abgesehen von entsprechenden produkt- bzw. produktentwicklungsbezogenen Anstrengungen (modularer Aufbau des Produktspektrums, Entwicklung eines spezifischen Projektmanagements usw.), standen dabei folgende Aspekte im Vordergrund:

- o Zahlreiche Hersteller neigten dazu, durch die "**Abmagerung**" von **Problemlösungen** ihren Kostenaufwand zu verringern, etwa dadurch, daß einzelne Momente der maschinentechnischen Auslegung (hinsichtlich Leistungsfähigkeit, Gewicht etc.) etwas geringer dimensioniert wurden, daß die Software einfacher gestaltet bzw. nicht von Anfang an in ausreichendem Maße konzipiert wurde, daß Kosten und Verantwortung für etwaige Funktionsdefizite auf die Komponentenzulieferer abgewälzt wurden usw. Solche Maßnahmen erwiesen sich freilich nicht selten als äußerst problematisch, da sie häufig zu Lasten der betroffe-

nen Anwenderbetriebe als auch der gesamten Branche (wegen der negativen Erfahrungen mit unzureichend entwickelten oder fehlerhaften Systemlösungen) gingen.

- o Zunehmend versuchten die Herstellerbetriebe aber auch - trotz bzw. wegen der oben beschriebenen Schwierigkeiten -, ihre Planungs- und Projektierungsleistungen, soweit sie über einen Mindestaufwand hinausgingen, **explizit als besondere Leistung auszuweisen**. Dies konnte von der Kostenposition "Projektmanagement" im Angebot über gesondert anzufordernde und zu bezahlende Vorexpertisen bis hin zur separaten Rechnungserstellung reichen (durch den Hersteller als herkömmlichen Hardwarelieferanten von maschinen- und beschickungstechnischen Anlagen einerseits und durch seine Tochterfirma "Systemtechnik", die die gesamte Problemlösung durchführt, andererseits). Der Weg, spezielle eigenständige Abteilungen oder rechtlich selbständig firmierende Töchter für systemtechnische Lösungen zu gründen, der von zahlreichen, insbesondere von den größeren Technikherstellern eingeschlagen wurde, war allerdings an bestimmte Voraussetzungen geknüpft, über die nach unseren Erfahrungen nur wenige Hersteller verfügten (Marktstellung, bereits vorhandenes Know-how, Finanzkraft etc.). Gleichwohl war auch dies, wie unsere Befunde zeigten, nicht Garantie genug, daß sich systemtechnische Lösungen für die Hersteller rentierten. Als besonders problematisch erwies sich offensichtlich die Abgrenzung der werbenden Beratungsleistungen nach dem Eingang von Kundenanfragen von den im Laufe der Zeit immer detaillierteren Planungsüberlegungen, wie sie im Zuge eines langwierigen vorvertraglichen Abklärungsprozesses notwendig wurden und ein immer größeres Ausmaß annahmen.
- o Die vollständige Abrechnung von Projektierungsleistungen wurde aber auch deshalb schwieriger, weil sich immer mehr Werkzeugmaschinenbauer und Hersteller von Beschickungs- und Transporteinrichtungen dem systemtechnischen Markt zuwandten. Der dadurch erheblich vergrößerte Wettbewerb veranlaßte zahlreiche Technikhersteller aus akquisitionspolitischen Gründen dazu, auf die **Inrechnungstellung** eines Teils der Gesamtkosten **zu verzichten**, teilweise auch in der - wie sich oft zeigte, trügerischen - Annahme, die ungedeckten Kosten für Pilot- oder Referenzanlagen über technisch ähnlich gelagerte Folgeaufträge wieder kompensieren zu können. Diese Situation wurde auf der ande-

ren Seite auch durch das beschaffungsstrategische Verhalten der Anwender, die größere Automatisierungslösungen installieren wollten, verschärft: Unter Nutzung des enormen Konkurrenzdruckes versuchten sie zunehmend, komplette Problemlösungen mit Garantien für extrem hohe Verfügbarkeits- und Nutzungsgrade sowie mit umfassenden Zusagen für Wartungs- und Serviceleistungen abzufordern. Da in solchen Fällen die Verantwortung für die Funktionsfähigkeit der gesamten systemtechnischen Lösung (d.h. für die konkrete Herstellung des "systemischen" Anwendungsbezugs) in der Regel auf **einen** Maschinen- oder Roboterhersteller als **alleinhaftenden Generalunternehmer** abgewälzt wurde, konnte dieser häufig nicht auf seine Kosten kommen; er war vielmehr gezwungen, bestimmte projektierungs- und implementationsbezogene Leistungen zu erbringen, die er nicht (mehr) in Rechnung stellen konnte. Zwar hatte er die Möglichkeit, sich in gewissem Umfang unter Kosten- und Haftungsgesichtspunkten an seine Unterlieferanten von Komponenten und Steuerungen etc. (Schnittstellenprobleme!) zu halten. Gleichwohl konnte der generell erhebliche Aufwand für Verhandlungen und Koordination mit diesen Unterlieferanten die grundsätzlichen Vorteile einer Generalunternehmerschaft weitgehend wieder aufzehren.

Während unserer Untersuchungsperiode stellten daher systemtechnische Lösungen für die meisten Hersteller in der Regel (noch) **Defizitprojekte** dar, die nur deshalb nicht überall zu existentiellen Problemen führten, weil sie zu einem großen Teil von den traditionellen Produktsparten wirtschaftlich mitgetragen werden mußten bzw. konnten. Diese Praxis war freilich auch nur deshalb möglich, weil die Lieferung systemtechnischer Fertigungsanlagen auch noch Mitte der zweiten Hälfte der 80er Jahre ein weit geringeres Ausmaß erreichte, als ihre breite Thematisierung in der Fachöffentlichkeit vermuten ließ; im allgemeinen machten sie zunächst nur einen geringen Teil am Umsatz aus. Dies kam auch darin zum Ausdruck, daß der Aufbau eigenständiger systemtechnischer Abteilungen sich oft über viele Jahre erstreckte, ohne daß in diesem Zeitraum nennenswerte Umsätze erzielt wurden. Dennoch konnte eine derartige unternehmensinterne Subventionierung nicht auf Dauer, und vor allem nicht von den kleinen und mittleren Technikherstellern, durchgehalten werden. Eine allmähliche Verbesserung der Kosten-/Ertragssituation der Systemlieferanten wurde daher erst möglich, wo und inwieweit sie ihre Produkte unter absatzpolitischen Gesichtspunkten auch hinsichtlich der **Steuerungs-**

techniken modular konstruierten und hinsichtlich der **Software standardisierte Bausteine** entwickelten. Nur so ließ sich der anwendungsspezifische Aufwand im konkreten Fall auf einen Teil des Gesamtaufwandes beschränken und der Umfang unvorhersehbarer Schnittstellen- und Softwareprobleme reduzieren.

Freilich konnten und können sich mit solchen Bemühungen zur Entwicklung standardisierter systemtechnischer Module und Konzepte auch restriktive Auswirkungen für die Anwender und ihre Beschäftigten verbinden, insbesondere hinsichtlich der Herstellung anwenderspezifischer bzw. -geeigneter Lösungen und der menschengerechten Gestaltung von Arbeitsstrukturen (hierauf wird noch weiter unten im nächsten Abschnitt näher eingegangen).

Viele Betriebe **vergrößerten** darüber hinaus auch ihre **finanzielle Basis** bzw. waren dazu gezwungen, um den mit solchen Strategien verbundenen größeren und sich über lange Zeiträume erstreckenden Entwicklungs- und Projektierungsaufwand überhaupt bewältigen zu können, sei es durch die Aufstockung des Stammkapitals, durch den Gang an die Börse, durch eine enge Kooperation mit anderen Betrieben oder durch die finanzielle Beteiligung größerer Unternehmen.

(7) Alle diese problematischen Aspekte trafen in besonderer Weise auf die Hersteller von Industrierobotern zu. Waren sie schon grundsätzlich kaum in der Lage, ihre Produkt- und Dienstleistungspolicies den neuen Anforderungen entsprechend umzustellen, so brachen ihnen durch die systemtechnische Orientierung zahlreicher Werkzeugmaschinenbauer auch Einsatzfelder weg, wo sie als Hersteller von Verkettungseinrichtungen noch am ehesten hätten Fuß fassen können. Sie waren daher weit eher auf das Feld der Verkettung mehrerer Maschinen unterschiedlichen Typs und differenter Herstellerherkunft bzw. auf die Verknüpfung von fertigungstechnischen Teilsystemen verwiesen; auf diesem Feld war allerdings - wie bereits angedeutet - ein noch weit größerer Aufwand an steuerungs- und vernetzungstechnischer Planung und Entwicklung notwendig, weshalb sich der Einstieg in die Produktion und Lieferung von Systemtechniken für die Industrieroboterhersteller sehr viel schwieriger als für die meisten Werkzeugmaschinenbauer herausstellte. Die Alternative, nur Zulieferer von Komponenten (als sog. OEM-Lieferant) für andere Techniklieferanten (zumeist Maschinenhersteller) zu spielen oder aber

sich völlig auf das Feld der Systemtechnik zu begeben, auf dem aber Handhabungseinrichtungen in der Regel nur einen geringen Teil des Lieferumfangs ausmachen konnten, stellte sich daher für die meisten Handhabungshersteller noch weit deutlicher und zwingender. Obwohl auch verschiedene Werkzeugmaschinenbetriebe bei der Umstellung auf systemtechnische Produkte auf dem Markt nicht mithalten konnten, so war diese Entwicklung doch vor allem für die Existenz der Hersteller von Handhabungstechniken von entscheidender Bedeutung.

2. Neue Formen des Hersteller-Anwender-Verhältnisses und die Implikationen für die Anwenderbetriebe und ihre Beschäftigten

Im Zuge der Tendenz zur Lieferung kompletter fertigungstechnischer Systemlösungen vollzog sich immer mehr ein **Wandel vom Verkäufermarkt zum Käufermarkt**, zumindest was die deutschen Lieferanten von Werkzeugmaschinen und Beschickungseinrichtungen angeht. Die bislang vorherrschenden, eher indifferenten und marktmäßigen Beziehungen zwischen Hersteller und Anwender verloren zunehmend an Bedeutung. Vielmehr traten andere, bisher weniger relevante Hersteller-Anwender-Konstellationen in den Vordergrund. Vor allem bildeten sich neue, engere Formen des Verhältnisses von Hersteller und Betreiber von Techniken heraus. Dies blieb nicht ohne Konsequenzen für die jeweilige Einflusnahme und wechselseitige Abhängigkeit der beteiligten Betriebe bei der Konzipierung, der Auslegung und der Implementation von Techniken, die im Rahmen neuer Rationalisierungsmaßnahmen eingesetzt wurden. Letztlich verbinden sich damit auch wichtige Implikationen für Optionen, Grenzen und Tendenzen für die Gestaltung der Arbeit in den Anwenderbetrieben.

(1) Hersteller-Anwender-Beziehungen auf dem Marktsektor für Fertigungstechniken waren ursprünglich nahezu durchweg (sieht man einmal vom Markt für Sondermaschinen ab) **indifferenten** Natur: Sie beschränkten sich weitgehend auf bloße marktmäßige Kauf- und Preisverhandlungen, die sich sowohl am Angebot von Einzeltechniken seitens der Hersteller als auch an den Wünschen der Anwender bezüglich maschinentechnischer Leistungsfähigkeit und Auslegung orientierten. Auch wenn Einzelmaschinen und andere Fertigungseinrichtungen schon früher bezogen auf bestimmte Auslegungsparameter (wie z.B. Dimensionierung des Antriebs,

Ausstattung mit einfachen Peripherieteilen, Größe des Werkzeugspeichers etc.) "maßgeschneidert" geliefert wurden, so handelte es sich dabei doch um weitgehend standardisierte, auf generelle Bearbeitungsverfahren bezogene fertigungstechnische Produkte, die nicht auf konkrete anwenderspezifische Fertigungsabläufe hin konzipiert waren und auch nicht auf sie hin hätten abgewandelt werden können. Sie wurden vielmehr als Einzelaggregate direkt über den Markt gekauft; ihr Einsatz, ihre Adaption und ihre Eingliederung in den konkreten Produktionsprozeß der Anwender wurde von diesen in eigener Regie vorgenommen. Diese **Hersteller-Anwender-Indifferenz** traf und trifft im Verlauf der geschilderten Entwicklungen zur flexiblen Automation auf den Vertrieb bzw. die Beschaffung von immer weniger Fertigungstechniken und Produktionsanlagen zu.

Zwar gilt diese Situation im Verhältnis zwischen Herstellern und Anwendern weiterhin für einfache Standardmaschinen und Beschickungseinrichtungen, und sie könnte zukünftig auch für die Lieferung komplexer Serienmaschinen (wieder) in gewisser Weise zutreffen. Dennoch haben sich aufgrund der zunehmenden Automatisierung der Werkzeug- und Werkstückhandhabung sowie der Installation umfassender flexibler Fertigungssysteme die Strukturen des Technikmarktes immer mehr differenziert: Es bildeten sich unterschiedlichste Formen von Lieferbeziehungen, von Abhängigkeit und Gestaltungseinfluß heraus, innerhalb derer Hersteller wie Anwender versuchten, den veränderten und neuen, vor allem auf den gesamtbetrieblichen Prozeß ausgerichteten Anforderungen an die Fertigungstechnik besser Rechnung zu tragen; damit konstituierten sich neuartige Hersteller-Anwender-Beziehungen, wie sie in besonderer Weise gerade auch im Bereich der Automatisierung von Zuführ- und Beschickungsabläufen an Werkzeugmaschinen zum Ausdruck kamen.

(2) Dabei handelt es sich einmal um die spezifische Konstellation der **Hersteller-Anwender-Identität**, die praktisch eine fiktive Hersteller-Anwender-Beziehung innerhalb des eigenen Betriebs zwischen den verschiedenen Abteilungen der Forschung und Entwicklung, der Konstruktion, den technischen Abteilungen der Anlagenplanung und der Beschaffung von Betriebsmitteln sowie der Fertigung selbst darstellt; eine Konstellation, innerhalb der auch die eigene Verkaufs- und Vertriebsseite mitwirken kann, wenn die für die eigene Fertigung konzipierten technischen Neuerungen potentiell auch absatzpolitisch genutzt werden sollen.

In dieser Konstellation, die gerade im Werkzeugmaschinenbau eher als in anderen Branchen gegeben ist, entfällt naturgemäß der Interessengegensatz zwischen Hersteller und Anwender und ist durch das Gegenüber betrieblicher Funktionsbereiche **desselben** Betriebs ersetzt. Dies läßt eine stärkere Berücksichtigung anwendungs- und anwenderspezifischer und damit möglicherweise auch belegschaftsorientierter Bedürfnisse erwarten. Sie könnte daher dort für die Entwicklung einzelner fertigungstechnischer Lösungen von wesentlichem Einfluß sein und die jeweiligen Lieferbeziehungen auf dem Technikmarkt teilweise überformen. Dennoch zeigen unsere Befunde, daß diese Konstellation, sowohl in ihrer zahlenmäßigen Bedeutung (hinsichtlich konkreter Maßnahmen zur flexiblen Automation) als auch in ihrem Einfluß für die Entwicklung bestimmter Techniken, stark zu relativieren ist, wenngleich sie eine gewisse Rolle spielte:

- o **Fälle "reiner" Hersteller-Anwender-Identität**, in denen Anwender selbst Fertigungstechniken für ihre eigene Produktion entwickeln **und** diese auch auf dem Markt anbieten (wollen), waren verhältnismäßig selten. Dies gilt einmal für die Hersteller von Fräs-, Bohr- und Drehmaschinen, deren Produkte sich im allgemeinen innerhalb eng begrenzter Maschinensparten bewegen. Was das Feld der Beschickungseinrichtungen, insbesondere des Industrierobotereinsatzes an spanenden Werkzeugmaschinen angeht, so sind entsprechende - in der Regel eher umfassend angelegte - Versuche der Entwicklung solcher Techniken für die eigene Fertigung **und** für den Markt weitgehend gescheitert, oder aber die Handhabungstechniken sind ausschließlich für den Eigenbedarf entwickelt worden und deshalb im Prinzip nicht für den Verkauf an andere Anwender vorgesehen bzw. geeignet gewesen.
- o Die meisten Fälle von Hersteller-Anwender-Identität beschränkten sich auf die Herstellung kleinerer und spezifischer Bestandteile der Peripherie von Fertigungseinrichtungen. Zahlreiche **Maßnahmen von Eigenentwicklung** lassen sich zudem interpretieren **als Reaktion der Anwender** auf die zunehmende Intransparenz des Technikmarktes und auf den Mangel an geeigneten Produkten bzw. an ausreichend anwenderorientierten Herstellern. Sie entwickelten selbst Lösungen, die ihren Anwendungserfordernissen entsprachen und zudem billiger waren. Zur Abdeckung der Kosten wurde u. a. auch versucht, diese Lösungen auf dem Technikmarkt zu lancieren.

- o Auch dann, wenn auf beiden Seiten der Hersteller-Anwender-Beziehung **technologisch verwandte Fertigungsprozesse** vorlagen, also eine gewisse "Identität" der fertigungstechnischen Problemstellung gegeben war (wie etwa im Werkzeugmaschinenbau selbst und innerhalb großer Teile des Maschinenbaus), änderte sich wenig: Bedürfnisse und Gegebenheiten des jeweiligen Anwenders wurden selbst dann bei der Entwicklung und Projektierung der Fertigungsanlagen kaum umfassender berücksichtigt. Auch die arbeitsorganisatorisch wesentlichen Aspekte systemtechnischer Lösungen fanden dabei kaum mehr Beachtung. Die Beschränkung und Spezialisierung der jeweiligen Werkzeugmaschinenhersteller auf ganz bestimmte Produktbereiche (Bearbeitungsverfahren, Präzisionsgrad, Größe der Werkstücke, Dimensionierung des Arbeitsraumes etc.) bedingt, daß auf beiden Seiten sehr **unterschiedliche Vorstellungen und Zielsetzungen** über die jeweils notwendige und geeignete Fertigungstechnik vorliegen bzw. entfaltet werden: Die meisten Werkzeugmaschinenbaubetriebe entwickelten und gestalteten ihre Technikprodukte nahezu ausschließlich unter absatzpolitischen Gesichtspunkten und weitgehend losgelöst von konkreten Anwendungsbezügen zu ihrer eigenen Fertigung, zumal sie ihre Produkte dort ohnehin nur in wenigen Teilbereichen einsetzen konnten. Zudem setzte der Werkzeugmaschinenbau, wie bereits erwähnt, die von ihm hergestellten flexibel automatisierten Maschinentechiken schon aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und Rentabilität kaum in seiner dafür nicht geeigneten (Kleinserien-)Fertigung ein. In den wenigen Fällen, wo dies geschah, handelte es sich im allgemeinen um die Installation von Demonstrationsanlagen, um die Funktionsfähigkeit der eigenen Produkte unter Beweis stellen zu können und um nicht auf Referenzanlagen in fremden (Anwender-)Betrieben angewiesen zu sein.
- o Dagegen unterschieden sich die Anforderungen jener (End-)Abnehmer von Werkzeugmaschinen, die eben keine (Werkzeug-)Maschinenbauer sind, hinsichtlich ihrer fertigungsorganisatorischen Strukturen schon so erheblich von denen der Maschinenhersteller, daß die betriebsspezifischen Differenzen in der Regel die maschinentechnischen Gemeinsamkeiten deutlich überlagerten. Die grundsätzliche technologische "Nähe" ihrer Fertigungsprozesse zu denen ihrer Abnehmer spielte daher auch keine besondere Rolle im Vergleich zu den Herstellern von Handhabungseinrichtungen, die wegen ihres in der Regel kleineren Fertigungsbereiches und ihrer geringeren Fertigungs-

tiefe praktisch kaum Möglichkeiten zur Technikentwicklung auf der Basis identischer produktionstechnischer Problemstellungen zwischen Hersteller und Anwender besaßen. Der entscheidende Unterschied in ihrem jeweiligen Verhältnis zu den Anwenderbetrieben lag vielmehr in der Tatsache, daß der Einsatz von Handhabungssystemen im Bereich der spanenden Fertigung in weit größerem Maße als der Einsatz einzelner Werkzeugmaschinen die Einbeziehung der technischen und fertigungsablaufbezogenen Besonderheiten des Anwenders und die informationstechnische Verknüpfung mit anderen Fertigungstechniken erforderte, was eben auch den separaten Verkauf von Handhabungseinrichtungen vergleichsweise weniger zuließ.

- o Insgesamt läßt sich daher festhalten, daß der Markt für spanende Fertigungstechniken weniger als vermutet durch Formen der Hersteller-Anwender-Identität geprägt wurde. Damit fand auch die Vermutung, daß sich in dieser Identitätskonstellation bei der Konzeption neuer Techniken oder im Innovationsprozeß selbst fertigungsorganisatorisch und arbeitsorganisatorisch sinnvolle - oder gar politisch erwünschte - arbeitskräfteorientierte Anforderungen eher durchsetzen würden, kaum Bestätigung. Entweder waren solche selbstentwickelten technischen Neuerungen dafür zu unbedeutend, oder aber sie waren nur Bestandteil umfassenderer Problemlösungen, innerhalb derer die Einbeziehung alternativer arbeitseinsatz- und arbeitsorganisationsbezogener Aspekte nicht über das (Wenige) hinausgehen konnte, was bei technisch-organisatorischen Umstellungen im (eigenen) Anwenderbetrieb bislang üblich war.

(3) Als eine weitere spezifische Form von Hersteller-Anwender-Beziehungen bildete sich im Zuge der Bestrebungen zu flexibler Automation eine Konstellation heraus, in der **ein Anwender als Generalunternehmer** einzelnen Herstellern gegenübertritt und komplexe Fertigungssysteme **in Eigenregie** für seine Fertigung entwickelt und die dafür benötigten - partiell selbst hergestellten - fertigungs- und systemtechnischen Komponenten zusammenbaut. Die dabei realisierten Hersteller-Anwender-Beziehungen entsprechen zwar auf den ersten Blick der (oben skizzierten) herkömmlichen Form der Hersteller-Anwender-Indifferenz; angesichts der zunehmenden Komplexität und Integration der zu gestaltenden Fertigungsprozesse wandeln sich jedoch die traditionellen Beziehungen der Anwender zu den Techniklieferanten und die Funktionen im Anwenderbetrieb zur

Planung und Gestaltung von Fertigungsabläufen derartig, daß sich dabei ein neue Form dieses Verhältnisses, nämlich eine **begrenzte Anwenderdominanz gegenüber mehreren beteiligten Herstellern** von Werkzeugmaschinen, Handhabungseinrichtungen, Systemtechniken etc., etabliert.

Der Anwender wird hier selbst zum Systemproduzenten; er konzipiert und projiziert selbst weitgehend die gesamte Anlage bzw. die dafür erforderliche Systemtechnik - hierfür muß er die personellen und qualifikatorischen Ressourcen bereitstellen (können) - und beschafft sich auf dem Technikmarkt die jeweils dafür benötigten Einzeltechniken, Schnittstellen und systemtechnischen Komponenten. Sein Verhältnis zum Technikhersteller spaltet sich damit auf in **zahlreiche Einzelbeziehungen**, die gleichwohl über die bisherigen bloß marktmäßigen Beziehungen erheblich hinausreichen, da der Systembezug eine aufwendige Abklärung, Abstimmung und Definition der Produkt- und Leistungsanforderungen gegenüber den einzelnen Herstellern (hinsichtlich integrationsfähiger Komponenten) gebietet. Der Anwender bestimmt hier weitgehend das "Wie" der Integration und übernimmt für die Gestaltung des Gesamtsystems die Rolle des Herstellers. Dabei kann er gleichzeitig als Anwender seine technologischen und fertigungsprozessualen Anforderungen weit detaillierter in die Gesamtkonzeption und in den Innovationsprozeß einbringen und in den Verhandlungen mit den (untereinander z.T. konkurrierenden) Komponentenslieferanten als Forderungen zwingender durchsetzen. Er kann aber auch selbst einzelne (fehlende oder ergänzende) fertigungstechnische Komponenten in Eigenentwicklung herstellen und diese auf das von ihm selbst konzipierte Gesamtsystem abstimmen. (Der Verkauf solcher Eigenentwicklungen über den Markt ist dabei nicht ausgeschlossen; er ist aber in der Regel, zumindest was die Konzeption der Gesamtlösung angeht, nicht intendiert.)

Besonderheiten bei dieser Hersteller-Anwender-Konstellation sind:

- o Ihre Grundstruktur erlaubt es nicht nur, sondern sie legt es geradezu nahe, daß (arbeits-)organisatorische Gegebenheiten des eigenen (Anwender-)Betriebs sowie mögliche Alternativen frühzeitig bei der Anlagenkonzeption berücksichtigt und bestimmte fertigungstechnische und fertigungsorganisatorische Offenheiten eingeplant werden; eine Möglichkeit, die bei fremdgeplanten Lösungen - auch bei intensiver Kooperation - weit weniger besteht.

- o Projektierungsarbeiten zur Verknüpfung und Koordination der Teilkomponenten (bzw. der jeweiligen Lieferanten) erfolgen in eigener Regie und lassen im Vergleich zur Lieferung kompletter fertigungstechnischer Problemlösungen über einen Generalunternehmer größere Handlungsspielräume auf dem Technikmarkt offen. Auf der anderen Seite trägt der Anwender auch die gesamte Verantwortung für das Projektierungsergebnis, für die Abstimmung aller Komponenten und für die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems.
- o Anwender sind hier auch weniger von eventuell in der technischen Lösung enthaltenen fertigungs- oder arbeitsorganisatorischen "Vorgaben" der Hersteller abhängig; deren produkt- und absatzpolitische Interessen können ja allenfalls in den einzelnen Komponenten - und nicht in der Komplettlösung eines Systemlieferanten - zur Wirkung kommen. Vor allem sind die Anwender nicht mit der Ausschließlichkeit herstellerorientierter Techniklösungen konfrontiert. Im Gegenteil, die Anwender können unabhängiger unter den Technikprodukten des Marktes und unter den Komponentenhersteller wählen und im Einzelfall Anforderungen zur Anpassung technischer Lösungen, zur Ausstattung mit bestimmten Schnittstellen oder Steuerungen oder gar zu einzelnen anwenderspezifischen Entwicklungen gegenüber den Herstellern eher durchsetzen.
- o Trotz der begrenzt dominanten Position des Anwenders gegenüber den Komponentenlieferanten ist deren Stellung in diesem Fall vergleichsweise weniger abhängig, da die Auseinandersetzung über die jeweilige Verantwortlichkeit für bestimmte Teilfunktionen des fertigungstechnischen Gesamtsystems direkt mit dem Anwender und nicht vermittelt über einen (die Gesamtverantwortung tragenden und daher vertraglich vom Anwender hoch abhängigen (vgl. unten)) als Generalunternehmer und Systemlieferant fungierenden Technikhersteller geführt wird.

Diese Hersteller-Anwender-Konstellation scheint damit **strukturell günstigere Voraussetzungen** dafür zu besitzen, daß Techniken und Systemstrukturen entwickelt und ausgewählt werden, die für die spezifischen Automatisierungsbedürfnisse und arbeitsorganisatorischen Probleme des Anwenders eher geeignet sind. Anforderungen bezüglich der Umstellflexi-

bilität von technischen Lösungen, bestimmter Integrationspotentiale oder alternativer Arbeitsorganisationsformen können stärker (und frühzeitiger) im Innovationsprozeß beachtet und realisiert werden als bei anderen Hersteller-Anwender-Beziehungen. Damit sind auch die Chancen für die Realisierung alternativer Lösungen bei der Beschickung oder Verkettung von Fertigungseinrichtungen größer. Allerdings muß erwähnt werden, daß derartige Hersteller-Anwender-Konstellationen - und damit auch entsprechende Ansatzpunkte für die anwenderorientierte Berücksichtigung arbeitskräftebezogener Anforderungen der Technik- und Arbeitsgestaltung - im Bereich des Werkzeugmaschinenbaus vergleichsweise selten anzutreffen waren. Sie fanden sich eher im sog. "Endabnehmerbereich" (des Fahrzeugbaus, der Metallverarbeitung etc.), wo die Betriebe stärker dazu neigten (und auch in der Lage waren), Automatisierungslösungen in der Fertigung auch in Eigenregie zu entwickeln und zu implementieren. Gerade aber in solchen Betrieben war im allgemeinen nicht die Gewähr dafür gegeben, daß die dieser Konstellation immanenten Potentiale für alternative Formen der Arbeitsgestaltung auch genutzt wurden: Zumeist handelte es sich um größere Anwenderbetriebe mit Großserienfertigung, in denen technisch-organisatorisch eher zentralistische Konzepte verfolgt wurden und strukturkonservative Vorstellungen über die Gestaltung von Fertigungssteuerung und Arbeitsorganisation vorrangig zum Zuge kamen.

(4) Als bedeutsamste Form veränderter Hersteller-Anwender-Beziehungen kristallisierten sich im Laufe der Automatisierungsentwicklung freilich neuartige Strukturen der **Hersteller-Anwender-Kooperation** heraus, mit denen sich für die beteiligten Betriebe und deren Arbeitskräfte neue Chancen, aber auch Risiken verbinden: Gegenstand solch vergleichsweise enger Hersteller-Anwender-Verhältnisse ist in der Regel die Lieferung kompletter Systemlösungen, wobei es in immer größerem Ausmaß zum Produkt- und Leistungsspektrum der Technikhersteller gehört, sich mit den konkreten Einsatzbedingungen ihres Produktes beim Anwender intensiv auseinanderzusetzen und stärker als bislang auf dessen Wünsche einzugehen. Nur die maßgeschneiderte, auf die technischen und organisatorischen Abläufe des Anwenders abgestimmte Gestaltung und Auslegung der Gesamtanlage ermöglicht eine angemessene Realisierung der Systemtechniken, gewährleistet die Funktionsfähigkeit der eigenen Technikprodukte im Einsatz und sichert damit deren Absatz wie den Verkauf von Systemlösungen selbst auf Dauer.

In der Folge entsteht daher vielfach zwischen den Herstellern und Anwendern für den Zeitraum der Planungs-, Projektierungs- und Implementationsphase eine Art **kooperativer Verbund**, in dem die Anforderungen über die zu liefernde Fertigungstechnik in aufwendigen Analysen und Verhandlungen vor und nach Vertragsabschluß geklärt, festgelegt und soweit notwendig aktualisiert werden. Die Vertragspartner besitzen jedoch in der Regel keine gleichgewichtigen Beteiligungs- und Einflußmöglichkeiten. Dies richtet sich einmal danach, ob es sich etwa um Gesichtspunkte der Anlagen- und Systemgestaltung oder um die Einlösung vertraglicher Vereinbarungen der terminlichen Fertigstellung, der Leistungsfähigkeit oder der Zuverlässigkeit der Systemlösung handelt; zum anderen spielen der maschinen- und steuerungstechnische Beitrag des jeweiligen Herstellers, die Marktposition des jeweiligen Anwenderbetriebs und der vertragliche Rahmen eine wichtige Rolle. Entsprechend kommen darin sowohl **Strukturen begrenzter Herstellerdominanz als auch begrenzter Anwenderdominanz** zur Geltung.

Die entscheidenden Punkte der Konstellation Hersteller-Anwender-Kooperation waren nach unseren Befunden vor allem folgende:

(a) In der Regel übernahm **ein** Hersteller die **Generalunternehmerschaft** für die Lieferung eines kompletten, verketteten bzw. integrierten fertigungstechnischen Systems. Er war für die Funktionsfähigkeit aller Komponenten und deren Integration in das Gesamtsystem (gegenüber dem Anwender) verantwortlich. Dies war zumeist der Lieferant von Werkzeugmaschinen, kann aber auch - je nach Lieferanteil - der Hersteller von Handhabungs- bzw. Industrierobotersystemen sein.

Für den Generalunternehmer verbanden sich damit grundsätzliche **Vorteile**, aber auch erhebliche **Risiken**:

- o Im allgemeinen dominierte er - gegenüber den Anwendern wie auch den einzelnen Komponentenherstellern - die Projektierung der Anlage (**gestalterische Dominanz**); die Auslegung der einzelnen Komponenten wie auch des gesamten Systems, die Abstimmung der Schnittstellen, die Wahl der Steuerungen, die Auswahl der Komponentenlieferanten lagen weitgehend in seinem Entscheidungsbereich, zumal er ja für die Funktions- und Leistungsfähigkeit der gesamten Anlage gerade zu stehen hatte. Nur in Einzelfällen (bei starker Marktstellung

des Anwenders) konnte es auch zu zwingenden Vorgaben der Kunden kommen (z.B. hinsichtlich des Einbaus bestimmter Steuerungen).

- o Für nahezu alle Leistungen und gegenüber allen Beteiligten wurden (inzwischen) ausführliche **Pflichtenhefte** erstellt; damit sollte zum Selbstschutz des Generalunternehmers - nach zum Teil problematischen Erfahrungen sowohl mit den Unterlieferanten wie auch mit den Anwendern - vorab exakt aufgelistet werden, was im Rahmen des geplanten Systems überhaupt machbar ist, um Streitigkeiten, etwa über den Verfügbarkeitsgrad, über die Verantwortlichkeit für Funktionsstörungen, möglichst gering zu halten. Mit zunehmender Verbreitung von Systemlösungen kam solchen Pflichtenheften ein immer größeres Gewicht zu (z.B. die Beschreibung informationstechnischer Schnittstellen), und zwar auch deshalb, weil sich die Auflistung von Leistungsverpflichtungen früher fast nur auf maschinenbau-, elektro- und sicherheitstechnische Aspekte gerichtet hatte, während organisatorische und softwarebezogene Lieferbestandteile bei der vertraglichen Leistungsfixierung zunächst meistens vernachlässigt worden waren.
- o Die **Komponentenhersteller** traten hingegen im Rahmen eines solchen Kooperationsverbundes immer weniger als eigenständige Lieferanten auf dem Markt auf; sie nahmen zunehmend die Position eines Zulieferers "fertigungstechnischer Teile" für die auf dem Markt dominanten Hersteller von systemtechnischen Fertigungslösungen ein. Ihre eigenen absatzpolitischen Beziehungen, aber auch ihre Produktentwicklung gerieten dabei in eine immer **engere Verknüpfung und Abhängigkeit** von den produkt- und verkaufsstrategischen Entscheidungen der Systemlieferanten.
- o Mit dieser Tendenz verbanden sich aber **für die Hersteller von Systemlösungen** auch zusätzliche und **neue Aufgaben und Probleme**: Sie mußten als Generalunternehmer Vorgaben und Kontrollen gegenüber diesen Lieferanten fertigungstechnischer Komponenten entwickeln bzw. praktizieren und entsprechende Konzepte und Kapazität bereitstellen; sie übernahmen damit zum Teil originäre Aufgaben der Anwender-Betriebe, die sich freilich für sie weit komplexer darstellten, weil sie sich als externe Problemlöser in die Fertigungssituation des Anwenders hinein zu versetzen und die daraus resultierenden Anforderungen an die Komponentenhersteller weiter zu vermitteln hatten.

Von dieser Entwicklung zur Hersteller-Anwender-Kooperation wurde auch ein immer größerer Teil des Marktes für Handhabungs- und Beschickungseinrichtungen erfaßt. Die Rolle des Generalunternehmers warf jedoch **für Handhabungshersteller erheblich größere Schwierigkeiten** auf: Gemessen am (wertmäßigen) Anteil ihres genuinen Produkts "Handhabungstechnik" war der Aufwand für die Projektierung, für die Entwicklung entsprechender Systemtechniken sowie für die Abstimmung und die Integration der Einzelaggregate im allgemeinen weit größer, als wenn Maschinenhersteller die Generalunternehmerschaft übernommen hatten. Dieser Aufwand konnte bei ihnen den Anteil, den ihre eigentlichen Produkte, die in solchen Systemen eingesetzten bzw. mitverkauften Handhabungseinrichtungen, am Gesamtauftragsvolumen ausmachten, ganz erheblich übersteigen. Auch die jeweils notwendigen, zahlreichen Lieferantenkontakte und der Umfang der entsprechenden Koordinierungs- und Kontrollaktivitäten konnte sich für solche Hersteller extrem vervielfachen, so daß ihre sich an der Fertigung und Vermarktung von Handhabungstechniken orientierende personelle und finanzielle Ausstattung zunehmend an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit stieß.

(b) Trotz des Vorteils der gestalterischen Dominanz ist die Position des Herstellers von Fertigungstechniken in seiner Rolle als Generalunternehmer auch grundsätzlich als problematisch einzuschätzen, entstanden für ihn doch auch **neue Abhängigkeiten**, in denen Züge einer **begrenzten Anwenderdominanz** zur Geltung kamen:

- o Bereits in der Phase der vorvertraglichen Verhandlungen mußten möglichst umfassend alle Anforderungen und Voraussetzungen auf seiten der Anwender soweit geklärt werden, damit der Hersteller ein präzises und weitgehend verbindliches Angebot machen konnte. Dennoch blieben dabei zahlreiche Punkte unbestimmt, die auch im Verlauf der Projektierungsphase nur bedingt geklärt und vor allem kaum vom Hersteller beeinflußt werden können (z.B. Anpassungsfähigkeit von Vorrichtungen, von Spannfutter etc., Funktionieren von Übergabestellen, Existenz von Notstrategien, Veränderungen im Werkstückspektrum usw.). Vor allem die Bereitstellung der organisatorischen und qualifikatorischen Voraussetzungen seitens des Anwenders, wie sie für den ordnungsgemäßen Betrieb eines **geplanten** fertigungstechnischen Systems notwendig erscheinen, ließ sich vertraglich kaum

absichern. Jede systemtechnische Fertigungslösung war und ist damit von vornherein mit **erheblichen Unwägbarkeiten auch für den Generalunternehmer** behaftet.

- o Wegen seiner Verantwortung für die Funktionsfähigkeit der gesamten Anlage schlugen Komplikationen und Leistungsdefizite bei der Projektierung und bei der Inbetriebnahme vielfach unmittelbar als höherer Kostenaufwand, als Forderungen zur Nachbesserung oder gar als Vertragsstrafe auf den Generalunternehmer zurück. Damit verbanden sich für den Lieferanten solcher Systeme **neuartige Planungsprobleme** und **Kalkulationsrisiken**; sie prägten und prägen grundsätzlich das Verhältnis zwischen Herstellern und Anwendern innerhalb eines solchen Kooperationsverbundes in besonderer Weise, zumal, wie gezeigt, häufig ein Teil der Projektierungskosten nicht direkt abrechenbar war.
- o Systemlieferanten konnten daher generell in eine große **Leistungs- und Lieferabhängigkeit** gegenüber ihren Abnehmern geraten; damit kamen innerhalb des Kooperationsverhältnisses auch begrenzt Momente einer **Anwenderdominanz** zur Wirkung. Dies war insbesondere dann der Fall, wenn als Systemlieferanten versuchende Technikhersteller aufgrund des verschärften Wettbewerbs extreme vertragliche Konditionen akzeptierten (bzw. akzeptieren mußten) und damit tendenziell in die Rolle eines abhängigen, wenn auch "innovativen", Zulieferers systemtechnischer Fertigungslösungen gedrängt wurden: So konnten Anforderungen, etwa in Form strikter Liefertermine, hoher Verfügbarkeits- und Nutzungsgrade etc., vielfach einen ähnlichen Problemdruck erzeugen, wie er für hoch abnehmerabhängige Hersteller von Zulieferteilen (so etwa in der Automobilindustrie) bekannt ist - trotz der prinzipiell anderen Produkt- und Liefersituation. Zudem konnten die Größe und der Leistungsumfang der zur Diskussion stehenden Lieferungen (z.B. komplette Fertigungslinien) rasch Dimensionen erreichen, bei denen die erfolgreiche oder nicht erfolgreiche Erfüllung eines einzelnen Lieferauftrags für die betriebliche Existenz unmittelbar von Bedeutung war
- o Dieser Problemdruck äußerte sich nicht nur in erhöhten Kosten und betrieblichen Risiken; er schlug sich auch unmittelbar **negativ auf die Arbeitssituation** bei den Technikherstellern selbst nieder (z.B. im wechselnden Arbeitseinsatz von Konstrukteuren und Projektingenieu-

ren in unterschiedlichen Produktbereichen, in regelmäßiger Mehrarbeit, in restriktiven Arbeitsbedingungen der Verkaufsingenieure und des Außendienstes infolge der Servicebereitschaft rund um die Uhr und am Wochenende, in der gestiegenen Verantwortlichkeit für die Funktionsfähigkeit umfassender Systeme und in zunehmenden Konflikten mit den zuständigen Anwenderexperten etc.); hierauf soll nicht näher eingegangen werden, zumal Auswirkungsaspekte bei den Technikherstellern nicht im Zentrum unserer Untersuchung standen.

(c) Mit der Produktion von Systemtechniken und der Lieferung kompletter fertigungstechnischer Problemlösungen waren die Hersteller in der Regel gezwungen, ihre herkömmlich begrenzte **Kapitalausstattung erheblich auszuweiten**. Um die gestiegenen Auftragssummen vorfinanzieren, den mehrjährigen Aufbau von Projektierungs- und Servicekapazitäten ermöglichen und die Risiken derartiger Investitionen abdecken zu können, mußten die Hersteller mehr oder weniger freiwillig ihre Kapitalbasis vergrößern. Dies geschah vorwiegend durch die Gründung eigenständiger Tochterfirmen für die Anlagen- und Systemtechnik, durch die finanzielle Beteiligung anderer Werkzeugmaschinen- und Handhabungstechnik-Hersteller oder durch den Gang an die Börse. Dies konnte freilich bedeuten, daß gewisse Autonomien des Herstellers aufgrund des Einflusses neuer Teilhaber eingeschränkt wurden, indem etwa die Produktpalette bereinigt werden mußte, indem konzerninterne Planungsleistungen und fertigungstechnische Konzepte übernommen werden mußten usw.

Umgekehrt führte diese Entwicklung aber auch dazu, daß den Anwendern von systemtechnischen Fertigungslösungen im Rahmen solch kooperativer Beziehungen allmählich immer **größere und potentere Herstellerfirmen** gegenüberstehen. Hierdurch kann die Position zumindest eines Teils der Kunden auf dem Technikmarkt, vor allem der zahlreichen mittelständischen Anwender, tendenziell beeinträchtigt werden, was insbesondere deren Chancen eher (wieder) schmälern dürfte, innerhalb solcher Hersteller-Anwender-Beziehungen anwenderspezifische Wünsche an die Gestaltung von Fertigungslösungen durchzusetzen.

(d) **Für die Anwenderbetriebe** hatte die durchaus in deren Interesse liegende Tendenz, die Gesamtverantwortung für systemtechnische Lösungen an externe Generalunternehmer abzugeben und dadurch ihren Aufwand bei der Planung und Beschaffung komplexer Fertigungstechniken zu ver-

ringern, aber ebenfalls **problematische Konsequenzen**. Trotz der vielfältigen Formen der Zusammenarbeit innerhalb dieser Hersteller-Anwender-Konstellation versetzte die in der Regel bestehende inhaltliche Dominanz der Hersteller den Anwender zumindest bezüglich der Gestalt seiner Fertigungsprozesse in eine **eher abhängige Position**.³

- o Der Hersteller entschied auf der Grundlage kooperativ erarbeiteter Analyseergebnisse und gemeinsam abgestimmter Leistungsanforderungen des Anwenders dennoch **weitgehend eigenständig** über die Struktur und die konkrete Auslegung der Systemlösungen, mit denen komplette Teilprozesse der Fertigung beim Anwender abgedeckt wurden. Dabei wurden nicht nur die unterschiedlichen Schnittstellen des Material- und Informationsflusses für den vor- und nachgeordneten sowie zu den übergeordneten Abteilungen mitgestaltet und fixiert: Es wurden weitgehend auch - **z.T. ungeplant** - **arbeitsorganisatorische und qualifikatorische Bedingungen** im System und im Umfeld **festgelegt**, deren Bedeutung oft nicht (rechtzeitig) erkannt und die nachträglich kaum mehr verändert oder nur durch problematische und aufwendige Adaptionanstrengungen bewältigt werden konnten; insbesondere wurden vielfach die Möglichkeiten für alternative Strukturen der Arbeitsorganisation und Optionen für veränderte Abläufe der Fertigung oder des Materialflusses, für den Einsatz verschiedener fertigungstechnischer Module, etc. verbaut.
- o Die Herstellerbetriebe neigten dazu, die aus ihrer Sicht bewährten, standardisierten und ohne großen Aufwand adaptierbaren Hardware- und Softwaretechniken zu verwenden, um ihre Entwicklungs- und Anpassungskosten gering zu halten. Insbesondere die zunehmende Modularisierung auch der Software führte dazu, daß nur noch ein geringer Teil der Systemtechnik einer Anlage auf anwenderspezifische Anforderungen zugeschnitten wurde. Dadurch kam und kommt es aber auch zur **Übertragung von nur bedingt geeigneten Programmstrukturen**, die für andere, absatzpolitisch wichtigere Einsatzfelder entwickelt worden waren.

3 Dies konnte die Anwenderbetriebe je nach ihren gegebenen Strukturen, Voraussetzungen und Bedingungen in unterschiedlicher Weise und Härte treffen (vgl. etwa für die Möbelindustrie Döhl u.a. 1989).

- o Die im Rahmen solcher Hersteller-Anwender-Beziehungen von Generalunternehmern entwickelten Lösungen waren daher in der Regel **stark herstellerspezifisch geprägt**; zudem war das entsprechende Problemlösungs-Know-how durch den Anwender kaum erwerbbar bzw. wurde vom Hersteller zurückgehalten. Vielfach handelte es sich bei solchen Lösungen um Konzepte oder Teiltechniken, die ganz speziell für andere Anwendungsfälle konzipiert worden waren, was eine zufriedenstellende Adaption an die Besonderheiten des konkreten Anwenderbetriebs von vornherein ausschloß.

- o Der Anwenderbetrieb läuft im Kontext solcher Hersteller-Anwender-Beziehungen zum einen Gefahr, einen wesentlichen Teil der **Gestaltungsautonomie** über seinen eigenen Produktionsprozeß **zu verlieren**: Kompetenzen über die Planung neuartiger, insbesondere integrativ ausgelegter Fertigungssysteme und das Wissen um Integrationsbedingungen und -maßnahmen gehen für den Anwenderbetrieb sukzessive verloren bzw. werden nicht in ausreichendem Maße aufgebaut; solche **Kompetenzen** werden tendenziell **auf die Hersteller verlagert**. Damit werden auch die Chancen für eine alternative Gestaltung ihrer Fertigungs- und Arbeitsstrukturen auf Dauer eingeschränkt, ohne daß dies den Anwenderexperten aktuell immer bewußt wird. Gleichzeitig strukturieren sich dabei **neue und enge, technologisch bedingte Verknüpfungen und Abhängigkeiten** in den Beziehungen der Anwender zu ihren Technikherstellern heraus.

- o Vergleichbare Entwicklungen verbinden sich mit den zahlreichen Bestrebungen (insbesondere der Hersteller) zur Entwicklung und Installation von rechnergestützten (Fern-) **Diagnosesystemen**. Ihr verbreiteter Einsatz, sowohl als Entlastung für die Hersteller wie als raschere Hilfe für die Anwender gedacht, könnte - zusammen mit der herstellerorientierten Konzipierung von Fertigungsanlagen - auch einen allmählichen Abzug bestimmter, für die umfassende Wartung und Instandhaltung der Anlagensysteme notwendigen Kenntnisse forcieren bzw. verhindern, daß entsprechendes Reparatur-Know-how beim Anwender in ausreichender Weise aufgebaut wird; dies könnte ähnliche Risiken für die autonome Beherrschung und Aufrechterhaltung seines eigenen Produktionsprozesses mit sich bringen.

- o Anwender riskieren zum anderen innerhalb solcher Hersteller-Anwender-Verhältnisse vor allem auch, daß in ihrer Fertigung im Prinzip ungeeignete oder **suboptimal funktionierende Systeme** zum Einsatz kommen, die nachträglich zu erheblichen Schwierigkeiten führen können (z.B. bei geringen konstruktiven Veränderungen der Werkstücke, bei dadurch bedingten Leistungsengpässen in den vor- und nachgelagerten Abteilungen etc.). Sie können vor allem zum Problem werden, wenn ein Umsteigen auf abweichende oder alternative Lösungen bzw. die Rückkehr zu bisherigen Strukturen nicht mehr oder nur noch unter großem Aufwand möglich ist. Häufig bleibt den Anwenderbetrieben nur noch die Anpassung der eigenen Produktions- und Arbeitsstrukturen möglich. Der unzureichende Zuschnitt der fertigungstechnischen Lösungen auf die Gegebenheiten und Bedürfnisse des Anwenders schlagen sich dann im allgemeinen in Restriktionen oder belastenden Anforderungen der Arbeitssituation nieder; es kommt also (umgekehrt) zu einer **Adaption der Arbeitsstrukturen an die Systeme**, wie unsere Analyse zu den arbeitsbezogenen Auswirkungen der Beschickungsautomatisierung gezeigt hat (vgl. Kap. IV).

- o Vor allem aber **verhindert** die Lieferung umfassender Fertigungssysteme durch einen Generalunternehmer, daß **bei der Projektierung** die bestehenden bzw. die eventuell angestrebten arbeitsorganisatorischen und qualifikatorischen **Strukturen des Anwenderbetriebs ausreichend berücksichtigt werden**: Die Projektierungsprozesse erfolgen dabei ja weitgehend außerhalb des Anwenderbetriebs und **nur** unter Einschaltung weniger, für Planung, Beschaffung und Einsatz der Fertigungstechniken zuständigen Anwenderexperten. Eine Beteiligung von Experten aus den unmittelbar betroffenen Fertigungsbereichen, oder gar der Mitarbeiter vor Ort, fand in der Regel nicht oder zu spät statt. Die Generalunternehmer neigten auch grundsätzlich nicht dazu, sich allzu detailliert mit anwenderspezifischen Aspekten der Arbeitsgestaltung und des Arbeitseinsatzes zu befassen oder diese gar umfassend in ihre Projektierung einfließen zu lassen, um den daraus in der Regel erwachsenden zusätzlichen Analyse- und Entwicklungsaufwand in Grenzen zu halten. Eine von solchen arbeitsorganisatorischen Überlegungen unabhängig entwickelte Konzeption und Implementation garantierte ihm vielmehr am ehesten, daß die angestrebte Lösung der im Vordergrund stehenden - und vertraglich fixierten - technischen Anforderungen des Anwenders an das System erfüllt werden

konnten (etwa hinsichtlich Werkstückspektrum, Durchlaufzeiten, Verfügbarkeit). Für die Realisierung alternativer, von der herstellerseitigen Konzeption abweichender Formen des Arbeitseinsatzes war und ist es aber in solchen Fällen dann meistens zu spät.

(e) Derartige **Beziehungen der Hersteller-Anwender-Kooperation**, wie sie nach unseren Befunden in der Regel realisiert wurden und tendenziell an Bedeutung erlangten, sind also durchaus einseitig strukturiert: Die Zusammenarbeit beschränkt sich primär auf die Klärung fertigungstechnischer und fertigungsablauftechnischer Erfordernisse, deren konkrete Einlösung liegt jedoch in der Verantwortung und damit in der Gestaltungsmacht des Generalunternehmers, der wiederum unter vertraglichen Gesichtspunkten massiv vom Anwender abhängig werden kann. Es verbinden sich mit diesem Hersteller-Anwender-Verhältnis also durchaus für beide Seiten **ambivalente Konsequenzen**.

Vor allem in **arbeitsgestalterischer Perspektive** bestehen hier offensichtlich für die Anwender erhebliche Hindernisse, über eine möglichst anwenderbezogene Auslegung von Systemlösungen hinaus auch von den Herstellervorstellungen abweichende arbeitsorganisatorische und arbeitsgestalterische Konzepte durchzusetzen bzw. die Voraussetzungen dafür abzusichern. Obwohl diese neue Form des Hersteller-Anwender-Verhältnisses vom Ansatz her eher als andere Formen die Möglichkeit zu einer - kooperativen - Problemfindung unter Einbeziehung **aller** anwenderrelevanten Einflußgrößen (also auch der Aspekte der Arbeitsgestaltung) enthält: Die "Vertiefung des Herstellers in die Situation des Anwenders erfolgte bisher noch vorrangig unter der technozentrierten Zielsetzung, mögliche Störfaktoren und Komplikationen (einschließlich des "Störfaktors" Mensch) in den Abläufen und Strukturen des Anwenders so weit zu identifizieren, damit diese ausgeschaltet oder technisch so beherrscht werden können, daß die dem System abgeforderte Leistungsfähigkeit nicht gefährdet wird.

Dennoch birgt das durch die Tendenz zum Einsatz von Systemtechniken entstandene Erfordernis zu engerer Kooperation zwischen Hersteller und Anwender grundsätzlich auch - und dies liegt durchaus im originären Interesse des Anwenders - die **Chance und die Notwendigkeit, andere anwenderrelevante Aspekte der Arbeitsgestaltung** (etwa hinsichtlich der gegebenen Qualifikationsstrukturen und der Qualifizierungspotentiale, der

bisherigen Arbeitsorganisation und möglicher Alternativen des Arbeitseinsatzes) ebenfalls als Anforderungen an ein bestimmtes technisches System **zu berücksichtigen** und dessen Auslegung in entsprechender Weise zu beeinflussen; eine Chance, die weit größer ist, als dies im Rahmen herkömmlicher (eher indifferenter) Hersteller-Anwender-Beziehungen des Verkäufermarktes überhaupt möglich war und ist.

Diese Möglichkeit wurde und wird freilich nach unseren Befunden bislang **wenig genutzt**: Zu groß sind die gestalterischen Dominanzen der Technikhersteller; zu sehr sind marktgängige Technikkomponenten und Systemkonzepte auf vorgängige Lösungen, etwa in der Großserienfertigung, fixiert; zu starr und zu standardisiert sind einzelne Teilsysteme bereits wieder dahingehend ausgelegt, daß andere Nutzungsformen neuer Techniken bei gleichzeitig alternativen Lösungen des Arbeitseinsatzes als nicht opportun erscheinen; zu ausschließlich sind bislang (noch) die Promotoren neuer Fertigungstechniken in vielen Hersteller- und Anwenderbetrieben auf technozentrierte, zentralistisch ausgerichtete Konzepte festgelegt und an den (arbeits-)kostensparenden Effekten von Automatisierungslösungen interessiert. Angesichts der zunehmenden Konkurrenz und den wachsenden Anforderungen ihrer Absatzmärkte einerseits und dem Mangel an Umstellungsressourcen, planerischen Kompetenzen und Durchsetzungspotentialen andererseits beschränkte man sich daher in vielen Anwenderbetrieben darauf, auf den Märkten dominierende fertigungstechnische Lösungen, soweit sie ausreichenden Erfolg zur Lösung aktueller Probleme versprachen, so zu übernehmen, wie sie von den Technikherstellern angeboten wurden.

(f) Das galt und gilt in ganz besonderem Maße für die Konzipierung, Auswahl und integrative Eingliederung von **Beschickungs- und Transporteinrichtungen**: Diese Einrichtungen wurden gerade in systemtechnische Lösungen, die im Rahmen solcher Kooperationsbeziehungen entwickelt wurden, vorrangig unter dem Aspekt der Automatisierung von Handhabungsvorgängen und damit der Kosteneinsparung eingeplant, obwohl sich mit ihrer technischen Auslegung, wie gezeigt, ganz entscheidende Effekte auch für die Gestaltung der Arbeitsorganisation bei automatisierten Fertigungssystemen verbinden können. Die in alternativen Beschickungs- und Transporttechniken angelegten Ansatzpunkte für die Sicherung der Systemflexibilität, für den Erhalt und die Erweiterung von Qualifikationen, für die Realisierung weniger arbeitsteiliger Strukturen usw. wurden daher bislang

auch kaum genutzt. Gewisse positive Effekte der Arbeitsgestaltung bei teilautomatisierten Lösungen (vgl. weiter oben Kap. IV) ergaben sich im Einzelfall eher naturwüchsig, eher aus einer "Negativbestimmung" bei der Systemauslegung, weil einzelne Handhabungsfunktionen im Fertigungsprozeß aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht automatisiert werden konnten; sie wurden weniger aus einer arbeitspolitischen Perspektive heraus als Potentiale zur Bewältigung zahlreicher, bislang kaum planbarer Operationen, als Instrumente zur Erhaltung von Qualifikationen und personeller Flexibilität oder gar als Ansatzpunkte für die Realisierung alternativer, gewissermaßen strukturinnovativer Konzepte der Arbeitsorganisation bei Rationalisierungsmaßnahmen im Zuführungs- und Beschikungsbereich begriffen und angestrebt.

VI. Hersteller-Anwender-Beziehungen, Alternativen automatisierter Werkstückhandhabung und menschengerechte Gestaltung von Arbeit und Technik

Auf der Grundlage unserer Untersuchungsergebnisse lassen sich einige wichtige forschungs- und förderpolitische Probleme und Ansatzpunkte für eine **vorbeugende und innovative Gestaltung von Arbeit und Technik** formulieren, zu denen vorab freilich einige einschränkende Bemerkungen zu machen sind:

(1) Da wir uns in dieser Studie auf die Automatisierung von Werkstückbeschickungs- und Zuführprozessen an spannenden Werkzeugmaschinen im Werkzeugmaschinenbau und damit auf einen in mehrfacher Hinsicht eingegrenzten Teilbereich von Fertigungsrationalisierung konzentriert haben, bleiben unsere Schlußfolgerungen begrenzt. Entsprechende Überlegungen müssen daher immer auch Analysen des unmittelbaren **Rationalisierungsumfeldes** in den Betrieben einbeziehen (z.B. die Marktbedingungen, die betriebsinternen Voraussetzungen, den Zusammenhang mit anderen Rationalisierungsschritten und -tendenzen usw.). Dennoch lassen sich daraus u. E. wichtige und in Grenzen verallgemeinerbare Hinweise und Anregungen sowohl für eine Politik zur menschengerechten Gestaltung der Arbeit allgemein als auch für die Analyse von Ausgangssituationen, Ansatzpunkten und Chancen konkreter förderpolitischer Vorhaben im besonderen ableiten.¹

(2) Wir konzentrieren unsere Hinweise zu **Problemen und Ansatzpunkten** für eine Politik zur vorbeugenden und innovativen Gestaltung von Arbeit und Technik im wesentlichen auf zwei Ebenen:

1 Der Anlage dieser Untersuchung entsprechend, wurden - wie bereits erwähnt - die für die Durchsetzung neuer Technologien im Kontext betrieblicher Rationalisierungsstrategien relevanten **Rahmenbedingungen** hier nicht systematisch behandelt, obwohl sie bei der Anlage und Durchführung von Fördervorhaben jeweils zu berücksichtigen wären (vgl. dazu auch unsere Ausführungen bei Döhl u.a. 1989, Kap. V): So etwa der Entstehungs- und Wirkungszusammenhang von Absatzmarkt, betrieblicher Problemsituation und unterschiedlichen technisch-organisatorischen Entwicklungslinien, der Einfluß konkreter Schlüsselgruppen, differente Ansatzpunkte von Rationalisierungsbestrebungen u.a.

- o Möglichkeiten und Konsequenzen, die sich aus den Zielsetzungen, Grenzen und Tendenzen (unterschiedlicher) automatisierter Lösungen der Werkstückhandhabung für die menschengerechte Gestaltung der Arbeit in Zusammenhang mit der Nutzung von Werkzeugmaschinen ergeben;
- o humanisierungsrelevante Voraussetzungen, Probleme und Ansatzpunkte, die sich generell mit Entwicklungen in den Hersteller-Anwender-Beziehungen auf dem Technikmarkt verbinden und die spezifische, zum Teil neue forschungs- und förderpolitische Akzente erfordern.

(3) Zunächst sollen einige **allgemeine Erkenntnisse** vorausgeschickt werden, die sich trotz der Feld- und Fragestellungseingrenzung dieser Studie ergeben haben; sie sind in ihrer **förderpolitischen Relevanz** grundlegender und felduntypischer Natur, rückten aber gerade in Zusammenhang mit unserem Untersuchungsfeld besonders deutlich ins Blickfeld (1. Abschnitt). Im Anschluß daran werden mit **Bezug auf die Automatisierung von Beschickungstätigkeiten** und auf entsprechende unterschiedliche Technikalalternativen verschiedene **Möglichkeiten und Vorschläge für eine präventive und innovative Gestaltung von Arbeit und Technik** benannt; wir konzentrieren uns dabei, neben einer kurzen Erörterung der Problemaspekte Beschäftigung, allgemeine Arbeitsbelastungen und Schichtarbeit, vor allem auf den Bereich der Arbeitsorganisation und Qualifikation (2. Abschnitt). Schließlich zeigen wir einige förderpolitische **Ansatzpunkte** auf, die sich aus unterschiedlichen Entwicklungen **im Verhältnis zwischen Herstellern und Anwendern** von Fertigungstechniken ergeben. Unsere Schlußfolgerungen beziehen sich zwar gerade auch auf Hersteller-Anwender-Beziehungen, die die Entwicklung und Lieferung von beschickungstechnischen Lösungen zum (Teil-)Gegenstand haben und stützen sich vorrangig auf unsere Erhebungen in diesem Feld. Gleichwohl sind damit, wie bereits in Kap.V erläutert, Zusammenhänge und Probleme zwischen Herstellern und Anwendern angesprochen, die sich nach unseren Befunden im Zuge der Markt- und Produktentwicklung grosso modo für den gesamten Bereich der Fertigungstechniken im Maschinenbau und insbesondere im Verhältnis zwischen Werkzeugmaschinenbau und Maschinenanwender **generell** immer mehr herausbilden und daher zunehmend auch allgemein für eine Humanisierung der Arbeit bedeutsam werden (3. Abschnitt).

A. Einige allgemeine förderpolitisch relevante Ergebnisse

(1) Hinzuweisen ist zunächst auf die **begrenzte Effizienz**, die bei der Analyse und Förderung **einzelner** Teiltechniken nach unseren Erfahrungen offensichtlich unvermeidlich zu sein scheint. Zwar wurden in solchen Fällen umfassender als früher von den beteiligten Seiten die unmittelbaren Umfeldbedingungen konkreter Technikvorhaben bzw. bei Grundlagenprojekten der jeweiligen Fertigungsprozeßausschnitt einbezogen. Angesichts der Entwicklungen auf den Märkten und in den Rationalisierungsprozessen in den Betrieben reicht dies aber nicht mehr dazu aus, um die Ausgangssituation, die Realisierungsbedingungen, die geeigneten Ansatzpunkte (in der Perspektive von Rationalisierungsschritten **und** Humanisierungsaktivitäten) entsprechender Vorhaben richtig einzuschätzen, entsprechende förderpolitische Entscheidungen zu fällen und Impulse für bestimmte Entwicklungen auszulösen.

- o Zum einen zeigen unsere Befunde, daß der **Gesamtzusammenhang** von Rationalisierungsanstoß (Märkte, betriebliches Problem samt Problemdefinition und Rationalisierungsbedingungen), Problemlösungsalternativen und Interessen genau ermittelt und der hierbei bestehende Stellenwert der im Vorhaben angestrebten technisch-organisatorischen Veränderungen bestimmt werden muß. Nur auf dieser Grundlage lassen sich die Aussichten und Effekte (z.B. Potentiale fortschreitender Automatisierung, Spielräume für Alternativen, "Technicksackgassen", "Eintagsfliegen") angestrebter Vorhaben a priori eingrenzen; nur so wird es möglich, ihren potentiellen Beitrag zu einer umfassenden und innovativen Gestaltung von Arbeitsbedingungen auszuloten und ggf. "steuernde" Auflagen und/oder flankierende Unterstützungsmaßnahmen zu veranlassen.
- o Zum anderen aber muß die Analyse jene **anderen Teiltechniken und Technisierungstendenzen**, die das jeweilige Einsatzfeld bestimmter Technikvorhaben berühren bzw. dieses übergreifen, einbeziehen, will man nicht Gefahr laufen, unerwünschte Übergangslösungen, richtige Techniklinien in förderpolitisch falschen oder nur begrenzt relevanten Einsatzfeldern oder aber unnötige bzw. aussichtslose Technikwege zu fördern. Im Zeitalter der technologischen Integration von Fertigungs- und Verwaltungsabläufen kann und darf die Analyse und Gestaltung von Teilbereichen und Teiltechniken nicht an deren jeweiligen Gren-

zen stehenbleiben. Bearbeitungs- und Handhabungstechniken wie auch Informationstechniken und die von ihnen vollzogenen Operationen und Abläufe überschreiten zunehmend die Trennlinien bisheriger Teilprozesse und Arbeitsschritte der Produktion von den verschiedensten Seiten her und lassen diese immer mehr miteinander verschmelzen. Bezieht man parallel oder übergreifend verlaufende Technisierungstendenzen (wie auch dahinterstehende Rationalisierungsvorstellungen) in das Vorhaben ein, können Chancen und Risiken von geplanten Umstellungsmaßnahmen besser beurteilt, förderpolitisch erwünschte Weichenstellungen oder Offenhaltungen eher eingebracht bzw. gesichert und die Vorhaben entsprechend differenziert werden.

- o Vor allem macht eine solche umfassende Analyse deutlich, daß die Gestaltung von (Teil-)Techniken allein bzw. die Nutzung ihrer Potentiale (insbesondere der neuen Technologien) unter menschengerechten und innovativen Gesichtspunkten für sich nicht ausreichen kann, um Humanisierungsziele zu realisieren und zu sichern. Will man mit Hilfe technisch-organisatorischer Veränderungen Ziele wie Gesundheit am Arbeitsplatz, qualifikationsadäquaten Arbeitseinsatz usw. anstreben, so muß auch und gerade an den "hinter" solchen Techniken stehenden **Rationalisierungsstrategien** und den dabei relevanten Einflußgrößen angesetzt werden.

Derartige förderpolitische Notwendigkeiten werden durch die gegenwärtige Diskussion um die **rechnerintegrierte Fabrik** und insbesondere um die **Entwicklung von CIM-Bausteinen** in geradezu exemplarischer Weise belegt. Aber auch bereits die Konzeptionierung, die Gestaltung und der Einbau von Handhabungs- und Verketzungseinrichtungen strahlt auf die maschinen-, transport- und lagertechnische Seite (und umgekehrt) in entscheidender Weise aus; sie beeinflussen die dort eingesetzten und sich fortentwickelnden Techniken und die jeweils bestehenden und zukünftigen Arbeitsstrukturen ebenso wie die in und mit diesen Bereichen bestehenden Informations- und Entscheidungsprozesse bzw. werden umgekehrt von diesen selbst geprägt. Die integrativen Potentiale und die systemischen, auf andere Teilbereiche einwirkenden Effekte technischer Einzelvorhaben müssen also soweit möglich a priori mit erfaßt werden und in die Beurteilung mit eingehen.

(2) Die von vielen Hersteller- und Anwenderbetrieben geäußerte Kritik am **unzureichenden Anwendungsbezug** verschiedener technischer Problemlösungen, also an ihrer mangelhaften Orientierung an den speziellen Einsatz- und Nutzungserfordernissen der Anwender, wie sie gerade bezüglich der Entwicklung von Werkstückhandhabungsrobotern an spanen-

den Werkzeugmaschinen und der zunehmend integrativ geprägten Rationalisierungswünsche der Anwender in unseren Befunden zutage getreten ist, wäre in der (Technologie-)Förderpolitik zu berücksichtigen. Dazu gehören zunächst folgende allgemeine Ansatzpunkte:

- o Technische Entwicklungen unterbleiben nicht, weil sie nicht gefördert werden; staatliche Förderung kann jedoch dazu beitragen, vorübergehende oder strukturelle Barrieren für bereits vor der Umsetzung stehende technische Neuerungen zu überwinden. Notwendig wäre es also, **technische Entwicklungen bis zum Einsatz beim Anwender** - möglichst im Normalbetrieb - **zu unterstützen** bzw. förderpolitisch die Planung und Durchführung technischer Entwicklungsprojekte von vornherein gezielter auf eine breite Anwendung auszurichten. Hilfreich wäre ebenfalls, neue Umsetzungsformen zu entwickeln und zu unterstützen, die eine wechselseitige Befruchtung von Forschungsergebnissen aus unterschiedlichen Projekten, aber auch die **Verknüpfung von bereits bestehenden** und bewährten **Techniken mit neuen Erkenntnissen** begünstigen würden.
- o Förderpolitik müßte Voraussetzungen schaffen bzw. dazu beitragen, daß bereits **in die Technikkonzipierung selbst** stärker anwender- und einsatzbezogene Erfordernisse einfließen können, was wiederum die Umsetzung und Diffusion technischer Neuerungen erleichtern würde. Hierzu gehört etwa die verstärkte Bereitstellung von Mitteln zur Entwicklung von Peripherie- und Softwaretechnik, die von den meisten Betrieben finanziell und qualifikatorisch nicht ausreichend zu leisten ist. Hilfreich wäre auch die Förderung von Simulationstechniken, um Situationen des Einsatzes und der Nutzung technischer Entwicklungen möglichst realistisch und umfassend bereits im Projektierungsstadium durchspielen zu können. Auch die Kooperation zwischen Vorhaben in verschiedenen staatlichen Förderprogrammen könnte hier sinnvoll sein.
- o Notwendig wäre auch die förderpolitische Forcierung einer gemeinsamen, anwendungsbezogenen **Technikentwicklung zwischen Technik-instituten und den Betrieben kleinerer und mittlerer Größe**. Daran wären verstärkt auch wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Disziplinen zu beteiligen, um komplexe Zusammenhänge im Griff behalten zu können (z.B. auf Dauer gestellte Qualifizierung u.ä.). Ferner wäre es

sinnvoll, das Zusammenwirken von Betrieben auf überbetrieblicher Ebene zu fördern, um bessere und raschere Antworten auf grundlegende, für die konkrete Diffusion neuer Techniken ausschlaggebende Fragen zu ermöglichen (Stichworte: die schleppende Schnittstellen-normierung wie auch die Bewältigung einer generellen Qualifikations-vermittlung).

- o Vor allem wären, insbesondere zugunsten der kleineren Betriebe, eine geeignete **Infrastruktur** an verfahrensmäßigen Voraussetzungen und Koordinierungsstellen zu schaffen, um zu unbürokratischen, zeitlich ausreichenden und personell beständigen Kooperationsformen bei der menschengerechten Gestaltung des Einsatzumfeldes neuer Techniken zu kommen und die jeweils benötigten qualifikatorischen, finanziellen und (insbesondere hinsichtlich der F- und E-Ergebnisse) informationsbezogenen Ressourcen verfügbar und zugänglich zu machen.

(3) Darüber hinaus aber müßten Empfehlungen und Auflagen, die von den Herstellern eine ausreichende oder bessere Berücksichtigung der anwendungsrelevanten Bedürfnisse der Betreiber fordern, inhaltlich so gefüllt und verfahrensmäßig so ausgebaut werden, daß auch die wahrscheinlichen, möglichen und erwünschten **Voraussetzungen und Implikationen für den Einsatz der Arbeitskräfte** in ihrer Bedeutung für Effizienz und Optimierbarkeit angestrebter Technikvorhaben einbezogen werden; dies wären etwa Anforderungen hinsichtlich des Umgangs mit neuen Techniken, hinsichtlich der jetzigen und der veränderten Arbeitssituation, hinsichtlich personeller und qualifikatorischer Erfordernisse und entsprechend flankierender Maßnahmen (z.B. ausreichender Weiterqualifizierung, Umschulung, etc.), der arbeitsorganisatorischen Gegebenheiten und Gestaltungsmöglichkeiten usw. Erfahrungen zeigen, daß gerade dann, wenn solche Überlegungen bei der (herstellenseitigen) Projektierung und Auslegung von Problemlösungen nicht oder nicht ausreichend angestellt wurden, vielfach später Friktionen und Mängel der Maßnahmen beim konkreten Einsatz und damit verbunden inhumane Auswirkungen für die Arbeitskräfte resultierten. Die Berücksichtigung auch der "**sozialen Infrastruktur**" (z.B. gegebene Personalstruktur, gegebene Institutionen wie Bildungsabteilung etc.) ist eine Voraussetzung bei der Beurteilung der Frage, wie Techniken denn beim Anwender wirklich genutzt werden (können) und welche Folgen dies für die betroffenen Arbeitskräfte hat.

Hierzu gehört sicherlich auch, daß eine an der menschengerechten Gestaltung von Arbeit orientierte Förderpolitik - neben bzw. zusammen mit der Förderung von Technikentwicklungsvorhaben und neuen technisch-organisatorischen Gestaltungsmodellen - stärker dem Aspekt der **Nutzung bereits vorhandener Techniken und bestehenden Know-hows** ihr Augenmerk schenken mußte. Nicht selten liegen grundlegende, in Einzelfällen bereits angewandte und bewährte Lösungen vor, deren Umsetzung auf konkrete Erfordernisse bei anderen Anwendern und in anderen Einsatzfeldern, insbesondere in der Perspektive einer größeren Diffusion, bislang noch auf größere (i.d.R. finanzielle) Schwierigkeiten stößt und von daher unterbleibt. Die forcierte Verbreitung entsprechenden Technikwissens und die systematische Information potentieller Anwenderkreise könnte hier der anwenderbezogenen Adaption solcher Techniklösungen wichtige Impulse geben.

Gerade die Praxis der Fertigungsautomatisierung und insbesondere der Beschickungsautomatisierung bei spanenden Werkzeugmaschinen zeigt, daß in den Betrieben weit weniger automatisiert ist und wird als technisch möglich erscheint. Dies liegt nicht immer nur in bloßen Wirtschaftlichkeitsüberlegungen, im Zögern oder in der Unkenntnis der Anwenderbetriebe usw. begründet. Nicht selten liegt es daran, daß die Notwendigkeit zur Automatisierung nicht oder zumindest nicht in der vom Marktangebot bzw. von den Herstellern "suggerierten" Weise besteht. Oft bleiben - trotz oder gerade wegen möglicher oder als notwendig erachteter Automatisierungslösungen - auch weiterhin manuelle (Rest-)Tätigkeiten bzw. die Nutzung mentaler und geistiger Fähigkeiten an bestimmten Stellen im Fertigungsprozeß auf nicht absehbare Zeit aus verschiedenen Gründen (für den flexiblen Arbeitseinsatz, als Notfallstrategie, zur Qualitätssicherung etc.) betrieblich erforderlich oder vorteilhaft. Entsprechend waren in vielen Fällen solche Arbeiten auch nach einer Automatisierungsmaßnahme noch durchzuführen, was aber dann zumeist unter zusätzlichem Aufwand und bei erhöhten Arbeitsbelastungen erfolgte. Das heißt, daß von vornherein allgemeine Ziele, etwa der Flexibilitätssicherung durch Arbeitskraft, des Qualifikationserhalts, der Personalentwicklung, ihrer Struktur und ihrem Umfang entsprechend in die Rationalisierungskalküle umfassender Umstellungsmaßnahmen eingebracht werden mußten, was nach unseren Befunden aber nicht der Fall war.

Von daher könnte auch die förderpolitische **Berücksichtigung** einfacherer, aber für eine anwendungsbezogene Umsetzung (noch) nicht vorbereiteter **Teilautomatisierungsmaßnahmen** (vgl. dazu weiter unten) zu einer breiteren Technikdiffusion beitragen und gleichzeitig wichtige Spielräume für einen menschengerechten, vor allem qualifizierten Einsatz von Arbeitskraft erhalten bzw. eröffnen; Spielräume, die bei der zunehmenden, für viele Betriebe und in vielen Fällen aber nicht unbedingt notwendigen Installation komplexer Automatisierungslösungen tendenziell verloren gehen könnten. Eine derartige Orientierung von Förderpolitik könnte dazu beitragen, daß Qualifikations- und Flexibilitätspotentiale für eine spätere Nutzung erhalten blieben. Vor allem könnte sie helfen, daß kleinere, weniger kompetente und einflußreiche Anwenderbetriebe den zweiten Automatisierungsschritt nicht vor dem ersten tun, und damit Fälle von Überautomatisierung vermieden werden. Durch den Einsatz geeigneter Teilautomatisierungsmaßnahmen könnte vielfach auch eine auf Dauer möglicherweise größere Umstellungsflexibilität (und wirtschaftliche Stabilität) des Betriebes gegenüber unvorgesehenen Marktveränderungen erreicht werden, als dies mit einem enormen Einsatz von Fixkapital und mit noch so flexiblen, aber die Planbarkeit betrieblicher Abläufe weitgehend voraussetzenden Fertigungs- und Organisationstechniken der Fall zu sein scheint.

(4) Schließlich ist bezogen auf die Nutzbarkeit neuer Entwicklungen und Techniken durch den Anwender auf die **Problematik des richtigen Förderadressaten** zu verweisen. Öffentliche Förderung von Forschungs-, Entwicklungs- und Anwendungsvorhaben erfolgt bislang ja vorrangig, jeweils getrennt bezüglich der beiden Seiten des Technikmarktes (hier Hersteller, dort Anwender). Nach den Ergebnissen unserer Studie - und dies gilt besonders auch für den Werkzeugmaschinenbau, der ja partiell Hersteller **und** Anwender von (z. T. ähnlichen, z. T. sogar identischen) Fertigungstechniken ist - müßte diese, offensichtlich mit gelegentlich problematischen Effekten verbundene, separate Förderung in spezifischer Weise überwunden und eine Art **Förderung "anwenderorientierter Herstellerprojekte"** erreicht werden: Dazu wären die jeweiligen auf dem Technikmarkt vorfindbaren Hersteller-Anwender-Beziehungen in ihrem **Zusammenhang** selbst als Förderansatzpunkt zu wählen und je spezifisch zu nutzen, wie etwa die Kooperation bei der Projektierung von Problemlösungen, die "nur" marktmäßige Durchsetzung von Fertigungstechniken usw. (vgl. hierzu und zur jeweiligen Relevanz für eine menschengerechte Ge-

staltung von Arbeit und Technik weiter unten im 3. Abschnitt). Auf diese Weise würden bei der Beurteilung (und späteren Realisierung) von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben die bislang weitgehend vernachlässigten, für das humanisierungsrelevante Gelingen solcher Maßnahmen aber wichtigen, unterschiedlichen Interessen, Einflußgrößen und Probleme beider beteiligter Seiten Berücksichtigung finden. Damit könnte gleichzeitig den Erfordernissen eines besseren Anwendungsbezugs wie auch der Marktgängigkeit technischer Lösungen im Interesse von Anwender **und** Hersteller Rechnung getragen, die Effizienz von Förderpolitik (hinsichtlich der Vermeidung von "Technikflops" und der besseren Verbreitung von Humanisierungsergebnissen über den Markt) gestärkt und vor allem auch den Humanisierungserfordernissen für die Arbeitskräfte eine größere Realisierungschance eingeräumt werden. Gerade auch die starke Tendenz hin zu fertigungstechnischen Systemlösungen, die ja nach unseren Befunden ein immer engeres Zusammenwirken zwischen Hersteller und Anwender erforderlich macht, scheint ein derartiges hersteller- **und** -anwenderbezogenes Vorgehen in der Förderpolitik etwa im Sinne spezifischer Verbundprojekte geradezu unabdingbar zu machen. Auf diese Weise könnten auch größere Chancen für die Förderung kleinerer Betriebe geschaffen und diesen bei der Entwicklung für sie wichtiger Problemlösungen ein größerer Einfluß eingeräumt werden.

B. Alternativen der Werkstückhandhabung und menschengerechte Gestaltung der Arbeit

Will man in bezug auf die Werkstückhandhabung und auf entsprechend unterschiedliche Alternativen der Beschickungsautomatisierung an Werkzeugmaschinen Ansatzpunkte für eine menschengerechte und innovative Gestaltung von Arbeit und Technik festmachen, so ist zentral davon auszugehen, daß diese Operationen bislang vorwiegend manuell oder wenig automatisiert durchgeführt wurden.

1. Beschäftigung

Gerade weil die Hauptziele der Beschickungsautomatisierung, nach unseren Erfahrungen, aus der Sicht der Hersteller **und** Anwender die Einsparung manuellen Arbeitsaufwandes und die Beschleunigung des Beschik-

kungsvorgangs - unter Sicherung des bisherigen oder zumindest zukünftig für notwendig erachteten Flexibilitätsgrades - sind, finden sich für die Veränderung oder Bewältigung negativer Beschäftigungseffekte kaum geeignete Ansatzpunkte; zudem ist es auch nicht das unmittelbare Anliegen der Förderung einer menschengerechten Gestaltung von Arbeit und Technik, den Abbau von Arbeit oder von Arbeitsplätzen (mit hohen Belastungen) zu verhindern. Ziel dieser Förderpolitik könnte und müßte es jedoch in Zusammenhang mit der Förderung von Vorhaben zur Beschickungsautomatisierung - oder solchen mit entsprechend typischen personellen Folgen - sein, die eigentlichen Automatisierungsziele deutlicher offenzulegen und damit zur sozialverträglichen Bewältigung damit verbundener problematischer Beschäftigungseffekte für die direkt und indirekt davon betroffenen Arbeitskräfte beizutragen.

(1) Sinnvoll könnte es sein, wenn bei der Anlage und Gestaltung von Technisierungsvorhaben die potentiellen und die betrieblich angestrebten Effekte an **Arbeitseinsparung** stärker hervorgehoben, bewußt gemacht und miteinander verglichen werden, mögliche **Betroffenheiten** aufgedeckt und bereits im Planungsstadium dafür konkrete Bewältigungslösungen (statt allgemeiner Nichtentlassungszusagen) vorgesehen werden. Dabei wäre anzustreben, sowohl für die von der Beschickungsautomatisierung unmittelbar betroffenen Arbeitskräfte als auch für die indirekt berührte Belegschaft in anderen Arbeitsbereichen, wo einzelne Arbeitsschritte und Operationen ihrer Tätigkeit wegfallen (was letztlich deren Tätigkeiten hinsichtlich Arbeitsinhalte und Arbeitseinsatz erheblich verändern kann), detaillierte Lösungskonzepte bereits in der Projektierungsphase des Vorhabens mit zu entwickeln und flankierende Maßnahmen der sozialverträglichen Umsetzung, der Weiterqualifizierung usw. vorzusehen. Damit kann langfristigen und in der Regel verdeckten, den einzelnen Automatisierungsmaßnahmen nicht mehr zurechenbaren, damit auch dem Rationalisierungsschutz nicht mehr unterliegenden negativen Beschäftigungseffekten präventiv entgegengewirkt werden.

(2) Ein wichtiger Beitrag zur Bewältigung bzw. Vermeidung von Arbeitseinsparungen wäre ferner, die Entwicklung von Lösungen zur Fertigungsautomatisierung und Vorhaben zur Beschickungsautomatisierung grundsätzlich auf ihre **Dimensionierung** und ihre **fertigungsablaufbezogene Auslegung** hin zu diskutieren. Vor allem müßten potentielle, mit dem Wegfall von Arbeitsplätzen verbundene Schwierigkeiten für die Auf-

rechterhaltung von Fertigungscontinuität und -flexibilität identifiziert und bewertet werden. Durch den Wegfall alltäglich genutzter, nicht gesondert eingeplanter Kontrolltätigkeiten sowie flexibler Reaktionen der bislang dort eingesetzten Arbeitskräfte werden z.T. zusätzliche bzw. neue technische oder personelle Überwachungsmaßnahmen, ergänzende Planungs- und Steuerungsarbeiten sowie die Einplanung und Vorhaltung von "Notstrategien" (Bereitstellung personeller und technischer Kapazität etwa zur manuellen Beschickung, zur dezentralen Steuerung von Beschickungs- und Bearbeitungsabläufen) notwendig; der damit verbundene naturwüchsige oder gezielt erforderliche Aufwand wäre daher genau zu ermitteln und müßte den angestrebten Einsparungseffekten gegenübergestellt werden. Dies kann nicht nur im Interesse der Anwenderbetriebe dazu beitragen, unnötige oder überzogene Automatisierungsschritte vor ihrer Installation zu unterlassen bzw. zu revidieren (vgl. dazu unten), sondern auch zeitlich und quantitativ überzogenen Freisetzungseffekten anvisierter Automatisierungslösungen vorzubeugen.

(3) Solchen förderpolitischen Intentionen sind in unserem Kontext freilich enge Grenzen gesetzt, zumal Beschickungsalternativen in der Regel nur Bestandteile kombinierter Maschinen- oder gar größerer Fertigungssystemlösungen sind und vielfach "nur" die Grundlage für die Realisierung umfassender Automatisierungskonzepte (und deren Zielsetzungen) darstellen, Konzepte, deren Wirkungen insgesamt für die Beschäftigten im allgemeinen wesentlich bedeutsamer sind und die der Beschickungstechnik überlagern. Deshalb sind, wie gezeigt, die hierbei angestrebten Einsparungseffekte bezüglich Arbeitsaufwand oder Arbeitskräfteeinsatz auch oder vielfach vorrangig den maschinentechnischen Veränderungen zuzuschreiben. Vor allem ist auch das Interesse der Technikhersteller, insbesondere der Systemlieferanten, an derartigen Überlegungen nicht groß, zielen sie doch gerade zur Begründung aufwendiger und flexibler Technikangebote auf einen hohen rechenbaren Rationalisierungseffekt im Sinne von Personaleinsparungen ab.

Um so mehr könnte und müßte in den Anwenderbetrieben das Bewußtsein verstärkt und der kalkulatorische Durchblick geschärft werden, damit sie keine Automatisierungslösungen anstreben bzw. geliefert erhalten, die weit größere Arbeitseinsparungen - und Einbußen an qualifizierter und flexibler Arbeitskraft - mit sich bringen, als für ihre Zwecke insgesamt erwünscht und opportun ist. Hierzu müßten die, vor allem oft erst nachträg-

lich erkannten, betrieblich jeweils spezifischen Aspekte, die den Einsatz von Arbeitskräften weiterhin oder wiederum erfordern, freilich bereits im vorhinein bekannt bzw. konsequent identifiziert werden und auch als anwendungsrelevante Kriterien den Projekt- und Systementwicklern, insbesondere bei den Herstellerbetrieben, vermittelt werden. Die **Bereitstellung** entsprechender systematischer **Analyse- und Bewertungsgrundlagen** für die Automatisierungsplanung, vor allem zur genaueren Ermittlung und Differenzierung "überflüssiger" wie auch weiterhin betrieblich notwendiger oder/und in ihrem Interesse nutzbarer Fähigkeiten und Kenntnisse der Arbeitskräfte (hinsichtlich manueller Flexibilität, Gefühl, Erfahrungswissen, Kompetenzen zur Anlagen- und Prozeßüberwachung etc.) auch bei automatisierten Anlagen, könnte hierzu eine wichtige Hilfestellung abgeben und bei der Konzipierung und Beurteilung konkreter Vorhaben genutzt werden. Dies gilt gleichermaßen für die Planung von Beschickungsalternativen wie von umfassenden Automatisierungskonzepten.

2. Arbeitsbelastungen

In einzelnen Fällen - in ähnlicher Weise wie dies früher in Zusammenhang mit dem Einsatz von Industrierobotern in der Automobilindustrie festgestellt wurde (vgl. insbes. bei SOFI Göttingen, Universität Bremen 1981) - waren im Kontext der Beschickungsautomatisierung **Belastungsaspekte** durch die Entstehung **monotoner und repetitiver Tätigkeiten** vorzufinden; ebenso sind **Momente von erhöhter Arbeitsintensität, von Arbeitsstress und Überforderung** zunehmend zu konstatieren. Auf diese Dimension der unmittelbaren Arbeitsbelastungen und Gesundheitsgefährdungen und auf entsprechende Ansatzpunkte für die vorbeugende und innovative Gestaltung von Arbeit und Technik soll hier jedoch nicht näher eingegangen werden. Vielmehr wird auf entsprechende Befunde an geeigneter Stelle in Zusammenhang mit Veränderungen in den qualifikatorischen Anforderungen und den arbeitsorganisatorischen Bedingungen weiter unten hingewiesen.

In unserem Untersuchungsfeld konnten dazu im Vergleich zu anderen Einsatzfeldern von Beschickungs- und Handhabungssystemen (vgl. hierzu etwa BMFT 1982; SOFI Göttingen, Universität Bremen 1981 oder BMFT 1984) relativ wenige Hinweise gefunden werden. Auf eine Analyse dieses Auswirkungsbereichs war unsere Studie nach Anlage und Umfang auch nicht ausgelegt; zudem wäre dazu unabdingbare Voraussetzung, den gesamten Zusammenhang zwischen neuen Steuerungs-

und Bearbeitungstechniken und den Formen des Arbeitseinsatzes einzubeziehen. Von daher erlauben unsere Befunde keine generellen Aussagen über solche dem Einsatz von Beschickungsalternativen zurechenbare Belastungsdimensionen.

Auch auf die zweifelsohne allgemein spürbaren **Erleichterungen** bezüglich der bisherigen Belastungen durch **körperliche Schwerarbeit**, wie sie die Automatisierung von Handhabungsfunktionen in zahlreichen Beschickungslösungen mit sich bringt, gehen wir hier nicht näher ein, allerdings deshalb nicht, weil solche Effekte nicht relevant wären: Zum einen aber ist dieser spezifische Belastungsabbau in der Regel "nur" ein Effekt der Wegrationalisierung von Hebe- und Transporttätigkeiten und er erfolgt in der Praxis fast ausschließlich aus diesem Grund; zum anderen unterbleiben derartige Erleichterungen gerade dort, wo dies zwar aus Gründen eines präventiven Gesundheitsschutzes notwendig und auch technisch realisierbar wäre, aus wirtschaftlichen und/oder speziellen technischen Gründen (etwa der Verkettbarkeit) jedoch betrieblich nicht sinnvoll erscheint. Damit aber ist auch nicht gesichert, ob jene Arbeitskräfte, die von ihren bisherigen körperlichen Belastungen (und damit auch von ihrer bisherigen Tätigkeit) "befreit" werden, nicht wieder an anderen mit herkömmlicher Schwerarbeit verbundenen Arbeitsplätzen oder an dabei neu entstehenden Restarbeitsplätzen mit spezifischen Belastungen eingesetzt werden. Zudem ist fraglich, ob die betroffenen Arbeitskräfte von den positiven Effekten konkreter Automatisierungsmaßnahmen überhaupt profitieren können, da mit solchen Maßnahmen ja in vielen Betrieben ein sukzessiver Personalabbau einhergeht. Dennoch bzw. gerade deshalb ist der arbeits-erleichternde Aspekt bei der Förderung solcher Forschungs- und Entwicklungsvorhaben immer auch mit zu bedenken; er sollte als **eine** wichtige Möglichkeit zur Verbesserung von Arbeitsbedingungen weiterhin - jedoch unter Einbeziehung flankierender Schutzanforderungen - dort genutzt werden, wo Technikentwicklungen auf dem Handhabungssektor Gegenstand staatlicher Förderung sind.

3. Schichtarbeit

In ähnlicher Weise müßte sich Förderpolitik stärker jener Effekte annehmen, die sich aus der Beschickungs- und Transportautomatisierung für die verstärkte Einführung von (Nacht-)Schichtarbeit im spanenden Bereich der Fertigung ergeben. Da die Nutzung automatisch beschickter Anlagen

in der zweiten und/oder dritten Schicht sowie am Wochenende gemeinsames Ziel **und** kalkulatorische Basis zahlreicher Automatisierungsprojekte ist, lassen sich die damit verbundenen arbeitszeitbezogenen Auswirkungen, zumindest aus der Perspektive der Förderpolitik, allenfalls unter dem Aspekt der Abfederung negativer gesundheitlicher und/oder sozialer Auswirkungen von Schichtarbeit sowie der humanen Gestaltung von Schichtzeitregelungen diskutieren.

(1) Hilfreich wäre hier zunächst sicherlich, die vielfältigen belastenden Momente von (Nacht-)Schichtarbeit - unter Nutzung zahlreicher in anderen Studien zutage geförderter Erkenntnisse - zu identifizieren und darauf bezogen geeignetere **Modelle der Schichtarbeit** zu entwickeln und zur Disposition zu stellen; Modelle, in denen die gesundheits- und leistungsrelevanten Gefährdungen ebenso wie die sozialen Belastungen (Spaltung der Belegschaft, Beeinträchtigung des Privatlebens etc.) soweit wie möglich reduziert und in ausreichender Weise kompensatorische Elemente vorgesehen werden.

(2) Parallel zu solchen Anstrengungen könnten aber auch Überlegungen angestellt werden, ob und wie **alternative Fertigungs- und Arbeitseinsatzkonzepte** (mit möglichst wenig Schichtarbeit) möglicherweise zu gleichen Leistungs- und Output-Ergebnissen wie konventionelle Formen der Schichtarbeit gelangen könnten, also auch unter Berücksichtigung schichtarbeitstypischer Probleme hinsichtlich einer im Interesse des Betriebes liegenden Sicherung einer ausschlußfreien Fertigung und eines störungsfreien Produktionsablaufs. Auch in diesem Zusammenhang könnten geeignete Lösungen der Teilautomatisierung Berücksichtigung finden, bei denen wegen des vergleichsweise geringeren Kapitaleinsatzes zumindest aus Kostengründen der Druck auf eine hohe Anlagenauslastung und damit auf die Einführung von Schichtarbeit schwächer ausfällt. Dies ist um so wichtiger, als es sich in diesem Zusammenhang immer mehr auch um eine **besondere Form von Schichtarbeit** handelt: Von Schichtarbeit an beschickungsautomatisierten Anlagen und Fertigungssystemen sind zum Teil nur wenige Arbeitskräfte betroffen; deren Isolierung und Verantwortung nimmt entsprechend erheblich zu und läßt eine besondere Belastungssituation unter den Bedingungen von Schichtarbeit entstehen.

(3) Einzubeziehen wären bei solchen Analysen immer stärker auch jene **Folgeeffekte**, die bei "rund um die Uhr laufenden", durch automatisierte

Zuführungs-, Beschickungs- und Transporttechniken verketteten Fertigungssystemen für die zumeist nicht (in gleicher Weise) automatisierten oder automatisierbaren **vor- und nachgelagerten Bereiche** entstehen können: So kann etwa in der Vorfertigung, im Bereich der Palettenvorbereitung, aber auch in der sog. "Finish-Fertigung" und in der Montage, ein erhöhter Leistungsdruck entstehen, können dort extreme Mehrarbeiten (in Form von Überstunden, auch am Wochenende) notwendig werden, damit diese Bereiche mit der Leistungsfähigkeit solcher Anlagen "mithalten", d.h. darauf abgestimmt mit ihren eigenen Aufträgen fertig werden können; dies kann zu erheblichen Arbeitsbelastungen, zu Arbeitskräfteproblemen und zu Folgekosten (aufgrund von Qualitätsmängeln, Fehlzeiten, Lohnzuschlägen) in diesen Bereichen führen, die in der Regel weder in der Projektierung noch in der Wirtschaftlichkeitsrechnung von Systemlösungen ausreichend Berücksichtigung finden.

Ähnliches gilt auch für jene spezifischen, eher unter **allgemeinen Belastungsgesichtspunkten** zu fassenden Auswirkungen, die sich aus solchen mehrschichtig genutzten, hochmechanisierten Fertigungsanlagen für die parallel dazu bestehenden, nicht oder nur wenig automatisierten Fertigungslinien ergeben: Sei es, daß von den dort noch in größerem Umfang eingesetzten Arbeitskräften bei unvorhersehbaren und massiven technischen Störungen in den automatisierten Anlagen der damit verbundene Produktionsausfall kurzfristig durch zusätzliche und intensivere Arbeitsanstrengungen aufgefangen werden muß; sei es, daß im Falle einer Vollauslastung derartig moderner Fertigungssysteme die Stilllegung einzelner (konventioneller) Fertigungslinien zu erwarten ist, und die betroffenen Mitarbeiter um ihre Arbeitsplätze fürchten (müssen); sei es, daß generelle Friktionen zwischen den Belegschaftsgruppen aus Fertigungslinien mit unterschiedlichem Automatisierungsniveau hinsichtlich Status, Einkommen, Selektion und Karrierechancen entstehen können, die im allgemeinen bei der Planung von Automatisierungslösungen nicht berücksichtigt werden, später aber zu betrieblichen Konflikten führen können.

Die Erarbeitung entsprechenden Grundlagenwissens und dessen Beachtung als Förderkriterium könnten ebenfalls wichtige Ansatzpunkte für eine Politik präventiver und innovativer Arbeits- und Technikgestaltung auf diesem Sektor darstellen. Dies bestätigt die Bedeutung einer möglichst frühzeitigen und umfassenden Beteiligung der Interessenvertretung und der betroffenen Arbeitskräfte selbst - sowohl im Rahmen einzelner kon-

kreter Forschungsvorhaben als auch in Projekten der Grundlagenforschung; hierdurch können die Reichweite und die Intensität der Auswirkungen von Umstellungsprozessen besser und evtl. Chancen für Alternativen (zur Schichtarbeit, zum Arbeits- und Personaleinsatz) eher erfaßt werden.

4. Arbeitsorganisation und Qualifikation

Für eine an menschengerechter Arbeits- und Technikgestaltung orientierte Forschungs- und Förderpolitik besonders wichtig scheinen uns jene Aspekte der Beschickungsautomatisierung und unterschiedlicher Beschickungsalternativen zu sein, die für die (im engeren Sinne) arbeitsorganisatorischen und qualifikatorischen Momente von Arbeit bedeutsam sind. Wenn nun in diesem Zusammenhang humanisierungsrelevante Ansatzpunkte genannt werden, so ist dabei zu bedenken: Es können damit zwar "nur" die Effekte und Besonderheiten von Einzeltechniken und Techniklinien zum Gegenstand von Förderpolitik gemacht werden, die die Entwicklung der Fertigungsautomatisierung sicherlich nicht allein und auch nicht überwiegend bestimmen (können); sie scheinen uns aber dennoch in der Hinsicht relevant genug zu sein, daß sie bestimmte Tendenzen oder Implementationsprozesse bei anderen bedeutsameren Teiltechniken bzw. bei dominierenden technisch-organisatorischen Fertigungskonzepten bedingen, begrenzen oder forcieren können (und umgekehrt dadurch beeinflusst sein können). Gerade hierin liegt aber die Bedeutung solcher (Einzel-)Techniken der Werkstückhandhabung als Objekt und Bezugspunkt von Förderpolitik.

(1) Als wichtiger Ansatzpunkt bietet sich einmal die **Alternative zwischen maschinenintegrierten und eigenständigen Beschickungseinrichtungen** an:

So verweist das Angebot zahlreicher Maschinenhersteller darauf, daß unterschiedliche Lösungen bei maschinenintegrierter Beschickung in durchaus funktionsfähigen Ausbaustufen der (Teil-)Automatisierung realisierbar sind. Dabei sind unterschiedliche Optionen für in sich geschlossene, material- und informationsflußtechnisch weitgehend autarke Fertigungssysteme ebenso gegeben wie für sog. offene Systemlösungen (vgl. dazu jeweils oben in den Kap. III und IV), bei denen verschiedenartige und in un-

terschiedlichem Ausmaß automatisierte Fertigungseinrichtungen miteinander verknüpft und in teilprozeßübergreifende Verkettungs- und Steuerungssysteme integriert werden. Die in diesen Optionen bestehenden Chancen zur optimalen Aufteilung unterschiedlicher Handhabungsfunktionen auf technische Systeme einerseits und manuelle Tätigkeiten andererseits könnten für eine menschengerechte Gestaltung des Mensch-Maschine-Systems und/oder eine technische Offenhaltung der dabei relevanten Schnittstellen durch entsprechende Vergleichsanalysen und Forschungsvorhaben genutzt und gefördert werden; gerade hierin liegen wichtige Potentiale für eine menschengerechte und innovative Arbeits- und Technikgestaltung:

- o Dazu gehört etwa, daß die grundsätzlich an der manuellen Bedienung und Beschickung orientierte **konstruktive Auslegung** von Maschinen als Basis für die Gestaltung humanisierungsbezogener Beschickungs- und Bedienungskonzepte dient, daß dabei vor allem konstruktive Veränderungen von Fertigungstechniken so vorgenommen bzw. modifiziert werden, daß daraus keine Restriktionen für die Bewältigung verbleibender Beschickungs-, Bedienungs- und Wartungsarbeiten entstehen.
- o Die rechtzeitige und sinnvolle Einplanung von "**arbeitskraftgestützten**" **Notstrategien** sowie von geeigneten Maßnahmen zur Durchführung von Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben kann zudem Gestaltungslösungen nahelegen, die auch für den Normalbetrieb eine menschengerechtere Auslegung von Maschinen- und Beschickungstechniken mit sich bringen können.
- o Ein weiterer Ansatzpunkt wäre die Entwicklung von **Kriterien zur Bewertung** unterschiedlicher Stufen der Teilautomatisierung und entsprechender Arbeitseinsatzmodelle als Entscheidungshilfe für die Planung und Auswahl geeigneter Beschickungslösungen. Dies könnte Entscheidungen der Betriebe erleichtern, ggf. trotz des allgemein zunehmenden Automatisierungsdrucks auf kostenaufwendige und strukturverändernde Lösungen der Vollautomatisierung zu verzichten und möglicherweise weniger automatisierte, ihrer Situation und Leistungsfähigkeit durchaus adäquate - eventuell auch einfachere - Beschickungsalternativen zu installieren, die auch **belastungsreduzierenden und qualifikationssichernden** Anforderungen Rechnung tragen: Da-

mit könnte ein häufig geäußertes doppeltes betriebliches Interesse sowohl am Einsatz flexibler Fertigungstechniken als auch - bezogen auf nicht vorhersehbare Störungen, auf kurzfristige Umstellungsanforderungen in der Fertigung usw. - an einem Einsatz flexibler und qualifizierter Arbeitskräfte vor Ort besser erfüllt werden.

- o Gestaltungsorientierte Bestrebungen können sich hierbei auch der generell feststellbaren **Tendenz zu kleineren systemtechnischen Fertigungslösungen** "bedienen" und die in solchen kleineren Dimensionen der Fertigungsautomatisierung angelegten Potentiale - auch im Interesse der Betriebe - für einen menschengerechten, qualifikationserhaltenden und Dispositionsspielräume eröffnenden Einsatz von Arbeitskraft nutzbar machen. Die Chancen hierzu sind um so größer, als umfassend verkettete und informationstechnisch vernetzte Systeme insbesondere in der Produktion des Werkzeugmaschinenbaus, aber auch in vielen Bereichen des allgemeinen Maschinenbaus, in denen qualifizierte Facharbeiterstrukturen vorherrschen, gegenwärtig eher noch selten eingerichtet sind. Selbst in bereits installierten hochautomatisierten Fertigungsinseln wird vielfach noch die herkömmlich manuelle Maschinenbeschickung durch qualifizierte Arbeitskräfte (sieht man einmal von der Problematik Zentral- versus Werkstattprogrammierung ab (vgl. dazu etwa Nuber, Schultz-Wild 1989)) praktiziert. Von daher müßten auch zuführungs- und beschickungstechnische Alternativen geprüft werden, die trotz begrenzter datentechnischer Anbindung an die fertigungsnahe Verwaltung hochtechnisierte Abläufe bei qualifikatorisch anspruchsvollem Arbeitseinsatz ermöglichen.

(a) Zu verweisen ist vor allem auf das Ergebnis, daß **maschinenintegrierte bzw. maschinengebundene Lösungen** (weit eher als eigenständige Beschickungseinrichtungen) die **Installierung von Fertigungsinseln begünstigen**.² Ob und in welcher Konsequenz die Inselmannschaft dann auch vergleichsweise selbständig ihre Fertigungsaufträge abwickeln bzw. die jeweiligen Bearbeitungsabläufe einschließlich der Beschickungsprozesse durchführen kann bzw. welche Arbeitsteilung dabei letztlich realisiert wird, hängt freilich nicht in erster Linie von der Auswahl und Auslegung der Beschickungseinrichtungen ab. Unsere Befunde zeigen aber, daß maschi-

2 Zur Bedeutung von Fertigungsinseln als fertigungs- und arbeitsorganisatorisches Konzept vgl. die Beiträge in AWF 1988.

nenintegrierte Einrichtungen - im Verbund mit der Reduzierung von Handhabungsaufgaben durch den Einsatz von Komplettbearbeitungsmaschinen und der Entkoppelung von Bearbeitungs- und Beschickungsoperationen - auf jeden Fall die verschiedensten Arbeitseinsatzformen zulassen. Die verbleibenden, nicht automatisierten Arbeiten wie Bestücken, Spannen, Reinigen, Einrichten, Prozeßkontrolle, Programmieren können in unterschiedlichster Bündelung zu verschiedenen Tätigkeiten oder Arbeitsplätzen zusammengefaßt werden. Damit sind Arbeitsstrukturen, die weniger arbeitsteilig sind oder gar die bisherige nach dem Werkstattprinzip verlaufende Arbeitsteilung überwinden (bis hin zu qualifikationshomonogenen Bedienungsmannschaften), ebenso möglich wie die Einrichtung eines arbeitsteiligen und nach Anforderungsniveau stark separierten Arbeitseinsatzes. Ein Zwang oder ein Druck zur Installierung separierter und hoch arbeitsteilig organisierter Arbeitsplätze oder Tätigkeiten, wie dies die Rationalisierungspraxis vieler Anwender vermuten läßt, besteht bei solchen Beschickungslösungen also im Prinzip nicht; dennoch tendiert das Angebot der Hersteller ebenso wie die fertigungstechnischen Vorstellungen der Anwender in diese Richtung.

Gerade hier liegen also Chancen für eine vorbeugende und innovative Gestaltung von Arbeit und Technik: Es müßten **Vorschläge und Modelle** zur Einrichtung dezentral strukturierter, mechanisch nicht oder nur partiell verketteter Techniklösungen hervorgebracht werden, die das Spektrum unterschiedlicher Arbeitseinsatzmöglichkeiten zwischen ganzheitlicher Tätigkeit einerseits und hoch arbeitsteiliger Tätigkeit andererseits in der Perspektive des Erhalts bzw. der Schaffung qualifikationsadäquater, eigene Entscheidungsspielräume einräumender Arbeitsplätze vergrößern und die Realisierung humanisierungsfreundlicher Arbeitseinsatzformen nahelegen.

Entscheidend freilich bleibt auch hier wie bei anderen technischen Umstellungsmaßnahmen, ob durch die bislang eingesetzten Techniken, durch die bereits bestehenden Personalstrukturen und durch die (zumeist explizit nicht ausgewiesene) Personalpolitik in vielen Betrieben nicht organisatorische und gestalterische Vorgaben und Zwänge bestehen, die solchen Bestrebungen entgegenstehen, entsprechende Gestaltungspotentiale ungenutzt lassen und sich auf Dauer etablieren (also hohe Arbeitszerlegung; gering qualifizierte, durch Belastungen vernutzte Arbeitskräfte; fehlende Ausbildungsmöglichkeiten etc.). Eine **systematische Aufbereitung der be-**

stehenden Erkenntnisse etwa zu den Alternativen und Optionen von Beschickungseinrichtungen (im Kontext anderer Fertigungstechniken), die Einrichtung eines konsequenten **Know-how-Transfers** und die Transformation solchen Wissens in **Qualifizierungskonzepte** für das Beschaffungs- und Planungsmanagement wären daher wesentliche Voraussetzungen für die Umsetzung alternativer Arbeitskonzepte in die Praxis. So könnten in der Technik angelegte und in der strukturkonservativen Arbeitseinsatzpolitik vieler Betriebe verhaftete Hemmnisse für die Nutzung solcher Humanisierungspotentiale abgebaut werden.

Wichtig wäre dazu auch, geeignete Verfahren zur Information und Mitwirkung der **Betroffenen und ihrer Interessenvertretung** zu entwickeln und zu gewährleisten, um eine für die Herstellung und den Erhalt menschengerechter Arbeitsformen unverzichtbare Beteiligung der Mitarbeiter sicherzustellen. Dies scheint schon deshalb notwendig zu sein, weil die bei maschinenintegrierten Lösungen weiterbestehenden Optionen für eine zentralistische Anbindung einzelner Fertigungszellen oder Fertigungsinseln schleichend oder unter dem Druck von Vernetzungstendenzen auch noch später dazu genutzt werden können, arbeitsteilige Verhältnisse in solchen Inseln oder im Verhältnis zu anderen Teilbereichen der Fertigung wieder einzuführen bzw. bislang zugestandene Arbeits- und Entscheidungsinhalte (wieder) abzuziehen.

Eine derartige Gefahr für modellhaft organisierte Formen der Inselfertigung besteht u.E. um so mehr, als auch in unseren Untersuchungsbetrieben die Tendenz deutlich wurde, daß separat organisierte kleinere Fertigungssysteme und in sich geschlossene Fertigungsinseln sukzessive, zwar nicht unbedingt materialfluß- und verkettungstechnisch, aber informations- und datentechnisch untereinander und mit übergeordneten Bereichen verknüpft werden sollen. Dabei ist - da beide Optionen bestehen - nicht gesichert, ob solche Systeme weiterhin dezentral gefahren und verwaltet werden können oder aber ob es dazu kommt, daß solche Fertigungsinseln dann wieder zentral gesteuert werden (was sicherlich einen erheblichen zusätzlichen Integrationsaufwand erfordert) und hierbei ihren Autonomiecharakter schrittweise verlieren.

Trotz dieser Risiken scheinen bei derartigen, mehr oder weniger als autonom organisierten Fertigungseinheiten - und integrierte Beschickungsalternativen können zu deren Einrichtung und inselförmigen Auslegung beitragen - die Chancen größer zu sein, total zentralistisch und hoch arbeitsteilig orientierte Fertigungsstrukturen zu vermeiden und (zumindest hinsichtlich der Ablaufsteuerung und partiell auch der Maschinenprogrammierung) eher dezentral strukturierte arbeitsorganisatorische Konzepte

mit qualifikatorisch anspruchsvollen Tätigkeiten in der Werkstatt zu implementieren.

(b) Der Einsatz **eigenständiger flexibler Handhabungssysteme** und **automatischer Transporteinrichtungen** hingegen läßt im Vergleich dazu weniger Optionen für arbeitskräfteorientierte Fertigungslösungen übrig bzw. verringert tendenziell die Chancen, daß entsprechende, insbesondere inselförmige Konzepte im Betrieb realisiert werden:

Je mehr durch solche Beschickungs- und Zuführeinrichtungen die Handhabungsfunktionen in quantitativer und räumlicher Hinsicht aus dem unmittelbaren Bereich der Maschinenbedienung eliminiert werden, um so eher besteht die Neigung in den Betrieben, Restfunktionen der Handhabung örtlich getrennt von der Bedienung und übergeordnet gesteuert durchführen zu lassen. Dies gilt vor allem für die Realisierung jener größerer, quasi "offener" Fertigungssysteme, in denen unterschiedliche Bearbeitungsmaschinen und/oder Fertigungsbereiche miteinander beschickungs- und materialflußtechnisch verkettet sind und der Systemablauf übergeordnet gesteuert wird. In der Perspektive menschengerechter Arbeits- und Technikgestaltung müßte hier zumindest darauf hingewirkt werden, daß die Einrichtung zentraler Rüst- und Materialbereitstellungsplätze möglichst unterbleibt. Insbesondere wäre anzustreben, daß es bei solchen Systemen nicht zu einer verschärften Arbeitsteilung zwischen ausschließlichen Palettenbestückungsarbeitsplätzen einerseits und Maschinenbedienungsarbeitsplätzen andererseits kommt, und daß die dabei jeweils bestehenden Risiken der Leistungsintensivierung (zum einen durch monotone Tätigkeiten, zum anderen durch Mehrmaschinenbedienung) in Grenzen gehalten bzw. abgebaut werden. Maßnahmen etwa zur Anreicherung unterwertiger Arbeiten mit zusätzlichen und anspruchsvollen Aufgaben (z.B. nicht nur Bestücken und Spannen, sondern auch Bau und Einbau von Vorrichtungen usw.), zum rotierenden Einsatz zwischen verschiedenen Arbeitsplätzen (evtl. auch zwischen Rüstplätzen und Maschinenbedienungsplätzen) müßten hier, falls zentrale Rüstplätze nicht verhindert werden können, soweit wie möglich mitbedacht und auch für den jeweiligen Fall geplant werden; dabei wären flankierende Aktivitäten zur Sicherung bzw. Bereitstellung der notwendigen, qualifikatorischen Voraussetzungen und zur Vermeidung von Überforderungen vorzusehen.

Einen ähnlichen Beitrag zur Qualifikationserhaltung und zur Belastungsreduzierung könnte die Entwicklung von Arbeitseinsatzformen leisten, mit denen die in solchen Fällen vermehrt auftretenden Formen der **Mehrmaschinenbedienung** erträglicher gestaltet werden könnten (z.B. durch komfortable Techniken der Maschinenüberwachung, durch kooperativen Teameinsatz, durch die (Rück-)Übertragung bislang abgezogener dispositiver Funktionen auf die Werkstatt wie etwa von Programmierfunktionen etc. - siehe dazu auch weiter unten).

(c) Insgesamt gesehen läßt sich nach unseren Befunden festhalten, daß bestimmte Lösungen der Beschickungsautomatisierung, wie z.B. unterschiedliche maschinenintegrierte Systeme, durchaus **Optionen für alternative**, zumindest unter Arbeitsteilungsgesichtspunkten stark differenzierte, **arbeitsorganisatorische Strukturen** offenhalten, also einen bestimmten Arbeitseinsatz nicht erzwingen. Unsere Befunde belegen freilich nachhaltig auch, daß die vorherrschenden Interessen und personalpolitischen Konzepte in den Betrieben und die von den Herstellern vorrangig angebotenen bzw. konzipierten Systemauslegungen dazu tendieren, Beschickungsalternativen so auszuwählen bzw. einzubauen, daß der Trend zu arbeitsteiligen Strukturen, wenn auch oft in anderer, z. T. verschärfter Form, aufrechterhalten zu bleiben scheint.

Dieser Tendenz kann allenfalls durch Maßnahmen entgegengewirkt werden, die auf eine Veränderung oder Differenzierung in den **Orientierungen der Rationalisierungs- und Arbeitseinsatzplaner** gerichtet sind. Hierfür bietet sich gerade der **Werkzeugmaschinenbau** mit seinen vielfach noch hochqualifizierten Belegschaften und weniger arbeitsteiligen Strukturen, aber auch wegen der zu anderen Metallverarbeitungsbranchen vergleichbaren Bereichen der spanenden Kleinserienfertigung als wichtiges und geeignetes Feld an, zumal nach unseren Erfahrungen auch dieser Bereich von der Realisierung zentralistischer Fertigungs- und Arbeitskonzepte nicht ausgenommen bleibt. Dort könnten daher durch geeignete Fördermaßnahmen erhaltenswerte oder humanisierungspolitisch angestrebte Arbeitsstrukturen gesichert bzw. neu geschaffen werden; Maßnahmen, deren Ergebnisse **auch** Signalwirkung für andere Branchen mit bislang hoch arbeitsteiligen Strukturen entfalten könnten. Dazu wäre aus der Sicht dieser Studie notwendig, fertigungsorganisatorische und arbeitsorganisatorische Konzepte auch auf unterschiedliche Lösungen der Beschickung und Verkettung von Werkzeugmaschinen hin zu entwickeln;

insbesondere wären dabei jene Potentiale zu berücksichtigen, die sich nach unseren Befunden gerade mit dem Einsatz integrierter Beschickungssysteme in dezentral organisierten und gleichwohl hoch automatisierten Fertigungssystemen verbinden können. Hierzu wären ferner geeignete Analyse- und Bewertungsinstrumente bereitzustellen bzw. in den jeweiligen Forschungsvorhaben anzuwenden (vgl. dazu weiter unten); dabei käme es vor allem auf eine umfassendere Abwägung zwischen (eher kurzfristigen) Planungs- und Automatisierungsvorteilen einerseits und möglichen Flexibilitätsnachteilen und Qualifikationsverlusten andererseits in bezug auf konkrete Anwendungs- bzw. Anwendererfordernisse an.

Ob und wie derartige Maßnahmen im Verlaufe der allgemeinen Tendenz zur Fertigungsautomatisierung erfolgreich sein können, hängt letztlich aber auch davon ab, inwieweit die gegenwärtig forcierten Entwicklungen zur **Schließung bisheriger Automatisierungslücken im Handhabungsbe- reich** (bezüglich Sortieren, Bestücken, Spannen durch den Einsatz von Sensortechniken, von Expertensystemen, von computergestützten Spannvorrichtungen usw.) dem nicht entgegenwirken, und ob Überlegungen zu einer menschengerechten Arbeits- und Technikgestaltung bereits in deren Konzipierung Eingang finden bzw. in entsprechenden Vorhaben zu Modifikationen führen können.

(2) Ein weiterer wichtiger förderpolitischer Aspekt in Zusammenhang mit der Wahl und Gestaltung von Beschickungsabläufen stellen auch die **Festlegungen und Offenheiten** dar, die durch die spezifische steuerungstechnische Auslegung und informationstechnische Anbindung von Beschickungseinrichtungen an Maschinen, Transportaggregate und übergeordnete Steuerungssysteme geschaffen werden.

(a) Ein entscheidender Ansatzpunkt scheint dabei die nach wie vor die von der Anwenderseite seit Jahren und generell beklagte erhebliche Vielfalt an Maschinensteuerungen zu sein. Um diese in bedienungs- und wartungstechnischer Sicht besser beherrschen zu können, wäre die verstärkte Unterstützung bereits laufender bzw. die Veranlassung neuer und/oder speziellen Anwendungsfeldern und Teilbereichen entgegenkommender **Normierungsbestrebungen** zur Verringerung der **Schnittstellenprobleme** und zur **Standardisierung** von Steuerungstechniken hilfreich. Hier gäbe es ein weites Betätigungsfeld für Förderpolitik, von der Vorbereitung des Ter-

rains für Normierungsgespräche, entsprechender Informationsaktivitäten bis hin zur Organisation konkreter Normierungsarbeiten.

Dadurch könnten zum einen generell die Chancen für die Verbreitung geeigneter Systemlösungen, aber auch bestimmter Handhabungstechniken verbessert werden; insbesondere wäre dies eine wichtige Hilfestellung für kleinere Anwenderbetriebe, die kein ausreichendes Know-how zur Beherrschung (und auch zur Instandhaltung) einer Vielzahl von Steuerungstechniken aufweisen und deshalb auf bestimmte Herstellertechniken und deren technisch-organisatorische Vorgaben festgelegt sind. Schließlich könnte dies auch entscheidend zur Entlastung der Arbeitskräfte beitragen, die im betrieblichen Alltag dennoch vielfach mit dieser Steuerungsvielfalt (z.B. unterschiedliche Steuerungen zwischen Bearbeitungsmaschine, Beschickungseinrichtung, Transportanlage etc.) zurechtkommen müssen, dabei vielfach überfordert sind und auch dadurch, nach Auskunft von Experten, erheblich unter Leistungsdruck und Arbeitshektik leiden.

Zum anderen müßten Arbeitskräfte, die von einer solchen Steuerungsvielfalt innerhalb ihrer Fertigungsabteilung (aber auch innerhalb einzelner Anlagensysteme und Fertigungsinseln, nicht selten sogar zwischen Maschine und peripheren Einrichtungen) betroffen sind, mit entsprechenden Qualifizierungsmaßnahmen unterstützt werden, wodurch zugleich die daraus resultierenden betriebsinternen (und -externen) Mobilitäts- und Aufstiegsbarrieren abgebaut werden könnten. Dies könnte etwa durch überbetriebliche Qualifizierungsmaßnahmen und die Schaffung entsprechender Ausbildungsvoraussetzungen (z.B. die Förderung von Ausbildungszentren, die Entwicklung geeigneter Schulungsunterlagen etc.) geschehen, Maßnahmen, mit denen die steuerungsspezifischen Schulungsangebote verschiedener Maschinenhersteller ergänzt würden.

(b) Zum anderen wäre zu prüfen, inwieweit die **Möglichkeiten der Off-line- und On-line-Programmierung** von Beschickungseinrichtungen dazu beitragen, daß bisherige Arbeitsaufgaben der Maschinen- und Systembediener, insbesondere in Zusammenhang mit der zentralen Programmierung komplexer Maschinenabläufe, tendenziell abgezogen und zentral erledigt werden. Dies gilt ganz besonders für den Einsatz von eigenständigen Beschickungslösungen wie Portal- oder Industrierobotern, deren besonders komplexe Bewegungsabläufe bislang in der Regel separat vom Maschinenablauf geplant und gesteuert werden müssen und traditionell (da

vom Teach-in-Verfahren herkommend bzw. dieses verwendend) hinsichtlich der Fahr- und Werkstückabläufe, zumindest aber hinsichtlich der Anfahrpositionen und der Teileparametrierung, vor Ort programmiert werden. Hier wäre etwa zu klären, welche Möglichkeiten, aber auch welche Hindernisse für eine qualifikatorisch anspruchsvolle Gestaltung der Bedienungsarbeiten, vor Ort durch die Trennung von Bediener- und Serviceebene (Programmier- und Beratungsebene), bestehen; vor allem wäre zu klären, inwieweit die bestehenden Angebote der Hersteller an Programmen und Programmiertechniken zu einer Polarisierung zwischen Planungs- und bloßen Bedienungsarbeiten beitragen bzw. welche alternativen Gestaltungsmöglichkeiten hierbei (noch) vorhanden sind.

Dabei müßten grundsätzlich auch Alternativen überdacht und entwickelt werden, die im Gegensatz zu den On- und Off-line-Tendenzen das **Programmieren**, zumindest bei geeigneten Werkstückspektren oder Teilbereichen davon, auch **vor Ort** zulassen und dies in Zusammenhang mit den ohnehin erforderlichen Probeläufen, Optimierungs- und Korrekturarbeiten, trotz eventueller Bearbeitungs- bzw. Fertigungsstillstände, sinnvoll machen können. Da nach Einschätzung der meisten Experten das Gros der Werkstücke (vor allem aufgrund von Präzisionsanforderungen) wohl auch zukünftig die Optimierung und Korrektur zentral erstellter Bearbeitungsprogramme vor Ort erfordern dürfte, könnten so für viele Arbeitskräfte in der Fertigung, entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen und Arbeitsstrukturen vorausgesetzt, alte Betätigungsfelder in neuer Form - insbesondere auch auf der Grundlage komfortabler Steuerungen - wiederhergestellt oder eröffnet werden. Dies gilt für das Programmieren von Bearbeitungsmaschinen und von Handhabungseinrichtungen gleichermaßen. Entsprechende Modellvorhaben, die die Funktionsfähigkeit von Arbeitsplätzen mit konkreten Anteilen an Werkstatt- und Vor-Ort-Programmierungsarbeiten im betrieblichen Alltag belegen können, würden den zweifellos vorherrschenden Tendenzen entgegenwirken, wonach die Programmierung extern bzw. durch spezielle Arbeitskräfte, die nicht in der unmittelbaren Fertigung eingesetzt sind, durchgeführt wird. Offen scheint dabei, inwieweit die Fortentwicklung und die Anwendung von **Simulationsprogrammen** zur Verbesserung zentral erstellter Programme wie auch zur Unterstützung von Werkstattprogrammierungsarbeiten hier in die eine oder andere Richtung beitragen und in gestaltungspolitischer Perspektive genutzt werden können.

(3) Auch unter dem Aspekt der **Produktions- und Fertigungsplanung** lassen sich in Zusammenhang mit alternativen Lösungen der Beschickungsautomatisierung wichtige forschungs- und förderpolitische Ansatzpunkte festmachen. Dabei spielt freilich eine entscheidende Rolle, daß Techniken der Zuführung, der Beschickung und des Transports von Werkstücken in und zu Werkzeugmaschinen lediglich Bestandteile fertigungstechnischer Gesamtkonzepte sind. Insofern können sie, wenn auch nicht dominante, so doch richtungsweisende bzw. prägende Wirkungen für die Auslegung ganzer Fertigungssysteme und damit auch für die dabei realisierten arbeitsorganisatorischen und qualifikatorischen Strukturen entfalten.

(a) Bei der Beurteilung konkreter Vorhaben könnte etwa geklärt werden, inwieweit im Einzelfall für die jeweils auszuweisenden betrieblichen Zielsetzungen nicht auch **einfachere und insbesondere weniger automatisierte Beschickungslösungen** ausreichen könnten bzw. für das Interesse des Betriebes insgesamt (und damit auch für die Arbeitskräfte) günstigere Ergebnisse versprechen. Hierzu könnten in der Grundlagen- und Modellforschung entwickelte Konzepte herangezogen werden, die - für unterschiedliche betriebliche Situationen geeignete - alternative fertigungs- und arbeitsorganisatorische Kombinationen (bzw. Aufteilungen) bezüglich automatisierter **und** manueller Arbeitsoperationen vorsehen. Dieser Anspruch stellt freilich bereits für die Konzipierungsphase von Vorhaben besondere Anforderungen der **Analyse**: hinsichtlich der Rationalisierungsziele des Vorhabens, der geplanten Abläufe und Ergebnisse, der dahinterliegenden Problemdefinition des Betriebes sowie hinsichtlich der weiterhin erwünschten, oft implizit unterstellten, vom Vorhaben aber erheblich tangierten qualifikatorischen und arbeitsorganisatorischen Voraussetzungen des Vorhabensumfeldes. Nur durch die Identifizierung und wertende Berücksichtigung **aller**, d.h. technischer, organisatorischer **und sozialer** Aspekte können problem- und zielinadäquate Lösungen a priori vermieden bzw. verhindert werden, daß dadurch zwangsläufig die angestrebten Effekte menschengerechter Arbeits- und Technikgestaltung verfehlt werden.

In dieser Perspektive wären **Optionen der Teilautomatisierung** bei der Werkstückzuführung und -handhabung, wie sie bereits oben angesprochen wurden, zu berücksichtigen; Optionen, mit denen im Rationalisierungsbereich selbst wie in den vor- und nachgelagerten Abteilungen dispositive und qualifikatorisch anspruchsvolle Arbeiten erhalten oder (wieder) ge-

schaffen bzw. polarisierende Tendenzen vermieden werden können. Dabei käme es also nicht nur darauf an, den konkreten Einsatz von Industrierobotern verstärkt etwa unter dem Aspekt ergonomischer und menschenge-rechter Arbeitsgestaltung zu planen und zu realisieren, was sicherlich eine unverzichtbare und bislang zu wenig beachtete Notwendigkeit bei der Fertigungs- und Arbeitsgestaltung darstellt (vgl. Urban 1988). Über den unmittelbaren Einsatzbereich von Beschickungseinrichtungen hinaus müßte auch deren Stellenwert im Kontext der gesamten betrieblichen Fertigungs-rationalisierung ermittelt werden, um wahrscheinliche und potentielle "Ausstrahlungseffekte" bereits bei der Planung neuer, automatisch beschickter Anlagen mitbedenken zu können: hinsichtlich der Struktur und dem Funktionieren der bisherigen Arbeitsorganisation, hinsichtlich der Veränderung von Qualifikationsanforderungen, hinsichtlich der möglichen Nutzung weiterer Verkettungs- und Vernetzungsschritte.

In diesem Zusammenhang wäre auch die breite Palette **einfacher und gering mechanisierter Beschickungseinrichtungen** zu berücksichtigen wie etwa Pick-and-Place-Geräte, Manipulatoren, Geräte, deren Einsatzmöglichkeiten im Zuge der gegenwärtigen Bestrebungen zu verstärkter Automatisierung von Fertigungsprozessen vielfach vernachlässigt wurden und werden. Auch jene Entwicklungen, bei denen bislang (noch) bestehende Automatisierungshindernisse (z.B. beim Sortieren, Bestücken, Spannen) durch neue Techniklösungen beseitigt werden sollen, könnten ein wichtiges Betätigungsfeld für Förderpolitik im Kontext von Produktions- und Fertigungsplanung darstellen, um dabei gestaltungspolitisch unerwünschte Automatisierungsentwicklungen zu vermeiden bzw. entsprechende Modifikationen anzustreben und zu fördern, solange sich dort noch keine dominierenden Techniklösungen auf dem Markt etabliert haben.

Vor allem müßte schon in fertigungsplanerischer Perspektive bei Vorhaben, die komplette Problemlösungen und/oder umfassende Fertigungssysteme anstreben, den Auswirkungen der darin vorgesehenen, zumeist nur sekundär eingestuften Beschickungs- und Zuführlösungen ein größeres Augenmerk geschenkt werden: Nicht selten kann die Wahl und Festlegung auf bestimmte Beschickungs- und/oder Transportalternativen (und Teil-techniken davon, wie z.B. bestimmte Spannvorrichtungen, Greifersysteme, Transportpaletten usw.) auf Dauer gesehen restriktive Momente für die Fertigungsgestaltung und weitere Rationalisierungszwänge nach sich ziehen, die weder im Interesse des einzelnen Betriebs noch seiner Arbeits-

kräfte liegen. Durch die planerische **Offenhaltung von Weichenstellungen und Schnittstellen in der Beschickungs- und Transporttechnik** können nicht nur Potentiale der Flexibilität und Reversibilität eingebaut werden; sie erhält auch Optionen für die unterschiedliche Bündelung und Anlagerung von verbleibenden Arbeitsfunktionen, was - wie bereits erwähnt - vor allem bei umfassenden Fertigungssystemen mit separaten Beschickungseinrichtungen wichtig ist. Die Berücksichtigung solcher Momente in einschlägigen Forschungsvorhaben und die Verbreitung entsprechender Forschungsergebnisse könnte insbesondere beim Rationalisierungsmanagement den Blick über die technokratischen Perspektiven hinaus auf personalpolitische Spielräume erweitern.

(b) Unabhängig davon, wenn auch als wichtige Hilfe bei der Planung und Beurteilung von Forschungsvorhaben, wären auch generell **fertigungsplanerische Grundlagenkonzepte** bereitzustellen und weiterzuentwickeln. Gerade weil die Auswirkungen von Beschickungsalternativen eng mit der Art ihrer Einbindung (und ihrer wechselseitigen Bedingtheit) in maschinen-technische und transporttechnische Gesamtlösungen zusammenhängen, müßten unterschiedliche **System-Layouts** für differente Einsatzbereiche und Anwendungsfelder (wie bestimmte Werkstückspektren, Bearbeitungsvielfalt, Technisierungsniveau) angeboten werden, innerhalb derer alternative Beschickungslösungen und -kombinationen mit Transport- und Lagertechniken berücksichtigt sind. Relevante Entwicklungen bei Handhabungsteiltechniken (wie z.B. automatisierte Spannvorrichtungen) wären dabei ebenso einzubeziehen wie übergreifende Techniktendenzen (etwa der fortschreitenden Komplettbearbeitung und damit der weiteren "Verkomplizierung" der Fertigungsabläufe, der komplexen Gestaltung von Werkstücken, der montagefreundlichen Konstruktion usw.); Tendenzen also, die veränderte beschickungstechnische Lösungen für bestimmte Einsatzbereiche (wieder) realisierbar erscheinen lassen und möglicherweise die Installierung humanisierungsfeindlicher Arbeitseinsatzlösungen (wie z.B. die Einrichtung isolierter und zentraler Nur-Rüst- und Bestückungsplätze) hinfällig machen.

Derartige Grundlagenkonzepte können nur im Gesamtzusammenhang von Bearbeitungs-, Beschickungs-, Transport- und Steuerungstechniken entwickelt werden. Dabei zeigen unsere Befunde über die Planung und Auslegung von Beschickungslösungen bzw. verketteten Systemen, daß Teiglieder und Schnittstellen von Verkettungstechniken, obwohl sie von

der manuellen Beschickung herkommen, nahezu ausschließlich - weit stärker als etwa CNC-Steuerungsmodule - auf technische Funktionen hin ausgelegt werden; die Projektierung von Verkettungstechniken im Kontext kompletter Systemlösungen gerät in der Praxis fast durchgängig in ein technikzentriertes "Fahrwasser" der Systemplaner. Dieser Tendenz kann nur dadurch entgegengewirkt werden, daß direkt auf die Beschickung und Verkettung innerhalb von Fertigungssystemen bezogene Layouts den verantwortlichen Rationalisierungsexperten Kriterien und Lösungsmöglichkeiten an die Hand geben, die eine Modifizierung und/oder Neugestaltung konkreter Beschickungslösungen sinnvoll erscheinen lassen.

In solchen Grundlagenkonzepten wären einmal die arbeitsorganisatorischen und qualifikatorischen Voraussetzungen und Konsequenzen unterschiedlicher Verkettungskonzepte in ihren humanisierungsrelevanten Möglichkeiten und Risiken auszuweisen. Ferner wären auch die **Zwänge und Optionen** zu analysieren (und in ihrer Bedeutung für Politik zur menschengerechten Gestaltung von Arbeit und Technik zu bestimmen), die durch die **Verbindung von Beschickungseinrichtungen mit umfassenden Materialflußsystemen** (etwa durch FTS- oder Hängebahntechniken) bis hin zu ihrer **Verknüpfung mit übergeordneten Systemen der Fertigungssteuerung** entstehen können (etwa hinsichtlich des Risikos, daß zentrale Rüstplätze auch bei einer "nur" transporttechnischen Verkettung von Einzelmaschinen und Fertigungsinseln eingerichtet werden, oder hinsichtlich der Chancen, z.B. Arbeitsplätze aus hochbelastenden Fertigungsbereichen herauszunehmen und dennoch ablauftechnisch zu integrieren).

Aber auch die **Bereitstellung von Kalkulations- und Bewertungshilfen** zur planerischen Berücksichtigung (und damit rechtzeitigen Vermeidung) möglicher mittelfristiger Friktions- und Anpassungskosten bzw. zur Gegenüberstellung solcher Aufwendungen gegenüber offensichtlichen und kurzfristig erwarteten Effekten der Leistungssteigerung, der Arbeitskosteneinsparung usw. könnten dazu beitragen, daß die planerische Gestaltung von Fertigungssystemen nicht ausschließlich unter technikzentrierten Gesichtspunkten erfolgt. Dies scheint u.E. ein um so wichtigerer Ansatzpunkt zu sein, als die **Wirtschaftlichkeitsberechnung** bei verketteten und vernetzten Lösungen für die Rationalisierungsplaner immer wichtiger wird, aber auch immer weniger nach bisherigen Kalkulationskriterien erfolgen kann (vgl. hierzu auch die Diskussion um die Wirtschaftlichkeit von

CIM-Komponenten).³ So wäre z.B. erforderlich, die Berechenbarkeit möglicher Opportunitätskosten ebenso zu verbessern, wie die Vorteile nicht quantifizierbarer betrieblicher "Erträge" aus "arbeitskraftgestützter" Ablauf- und Umstellungsflexibilität, immanenter Fertigungskontrolle usw. transparenter und vermittelbarer zu machen.

In diesem Zusammenhang müßten auch Überlegungen angestellt werden, inwieweit die **Entwicklung und die Nutzung von Simulationsprogrammen**, deren Fehlen bislang von zahlreichen Projektierungsexperten vor allem unter fertigungs- und ablauftechnischen Gesichtspunkten beklagt wird, auch für die **Planung** und abstrakte a priori-Überprüfung konkreter Lösungskonzepte Hilfestellung geben könnten. Derartige Programme könnten nicht nur dazu verwendet werden, um konzipierte Fertigungs- und Beschickungssysteme in unterschiedlichen Varianten durchspielen und z.B. bezüglich seltener Werkstücke und evtl. Störungen bzw. Engpässe bereits vor der Installierung austesten zu können; die Einbeziehung arbeitskräfte-relevanter Faktoren in solche Programme könnte u.a. deutlich machen, welche nicht-technischen Komponenten in solchen Systemen mehr oder weniger deren Funktionsfähigkeit beeinflussen.

Wichtige Hinweise für derartige fertigungsplanerische Grundlagen könnte auch die **systematische Untersuchung gescheiterter Anwendungsfälle** von Beschickungstechniken liefern. Dies stellt zwar bislang keinen eigenständigen förderpolitischen Ansatzpunkt dar und dürfte auch methodisch schwer einlösbar sein. Dennoch könnte es sinnvoll sein - und dies gilt natürlich nicht allein für Fälle der Beschickungsautomatisierung -, entsprechende Befunde dann, wenn sie erhältlich und einer Analyse zugänglich sind, ergänzend in geplante Forschungsvorhaben in der Pilotphase einzubeziehen; gerade die Analyse etwa von Entscheidungen während des Ablaufs von Projekten über die Auswahl spezifischer technischer Lösungen bzw. über die Veränderung von Zielsetzungen und konkretem Vorgehen könnte Aufschluß darüber geben, welche, vielfach bei der Projektierung im vorhinein nicht oder nicht ihrer Bedeutung entsprechend berücksichtigbaren, Aspekte dafür ausschlaggebend gewesen sind. So könnte z.B. ermittelt werden, welche Ursachen dem fehlenden Anwendungsbezug, der mangelnden Wirtschaftlichkeit in vielen Fällen des Industrierobotereinsatzes an spanenden Werkzeugmaschinen zugrunde gelegen sein mochten; ferner könnte geklärt werden, ob und inwieweit alternative Beschickungslösungen - nicht nur technischer Art, sondern unter Berücksichtigung unterschiedlicher Kombinationen technischer und manueller Beschickungs- und Handhabungsabläufe - berücksichtigt, vorab untersucht und ggf. verworfen worden sind. Aber auch die Untersuchung späterer Komplikationen bei realisierten Beschickungslösungen bzw. (nachträglicher) Anpas-

3 Ein immer wieder diskutiertes Problem auf Fachtagungen (vgl. dazu exemplarisch den Beitrag von Bürgel 1986).

sungs- und Veränderungsmaßnahmen und der jeweilige Vergleich zwischen angestrebten und realisierten Zielsetzungen könnten Anhaltspunkte dafür liefern, welche Fertigungsaspekte bei der Projektierung und Planung von Beschickungslösungen - möglicherweise systematisch - vernachlässigt worden sind bzw. welche davon abweichenden Lösungen denkbar gewesen wären, wenn derartige Gesichtspunkte bereits in die Projektierung eingegangen wären.

Eine wesentliche Voraussetzung schließlich für alle diese Bestrebungen wäre es, daß den Rationalisierungsplanern, aber auch den Interessenvertretern der Arbeitskräfte, systematisch (etwa über konsequent eingesetzte Umsetzungsinstrumente) Kenntnisse über die **Mechanismen der Entkopplung der Arbeitsfolgen** von konkreten Maßnahmen zur (Beschickungs-)Automatisierung vermittelt werden; insbesondere müßten sie darüber aufgeklärt werden, auf welche Weise vor allem systemisch orientierte Umstellungsmaßnahmen indirekte Wirkungen entfalten und zeitlich versetzt, in anderen betrieblichen Teilbereichen und innerhalb völlig anderen betrieblichen Zusammenhängen zu Belastungen und Risiken für die Arbeitskräfte führen können, ohne daß sie den sie induzierenden Maßnahmen noch zugerechnet werden (können). Dies scheint um so mehr erforderlich, als unsere Befunde belegen, daß das Wissen über fertigungsplanerische Möglichkeiten und Beispiele und der dabei in Frage kommenden Beschickungs- und Zuführungstechniken weitgehend technologie-, anwendungs- und ressortgebunden im Betrieb strukturiert und isoliert ist. Die Überwindung dieser Know-how-Grenzen und die Verbesserung der feld- und teilbranchenübergreifenden Transparenz und des Zugangs zu (beschickungs-)technischem Grundlagenwissen könnte und müßte daher zu einem eigenen förderpolitischen Ansatzpunkt werden, und zwar sowohl hinsichtlich der Praktiker im Maschinenbau als auch hinsichtlich der Interessenvertretung der Arbeitskräfte, die auf diese Informationsquellen angewiesen ist. Insbesondere müßte stärker in das Bewußtsein dieser Experten die (das Wissen um konkrete Teiltechniken überschreitende) Erkenntnis gehoben werden, daß in vielen Automatisierungsfällen flankierende Qualifizierungsmaßnahmen aus betrieblichen Gründen (zur Schaffung notwendigen Grundlagen-Know-hows vor Ort), aber auch zum Schutz der betroffenen Belegschaftsteile, unumgänglich sein dürften und von daher bereits als eigener Schritt und Kostenfaktor in die Projektplanung einzustellen sind.

C. Hersteller-Anwender-Beziehungen und menschengerechte Gestaltung der Arbeit

Im folgenden wollen wir noch einige **generelle Schlußfolgerungen** zur Bedeutung von Hersteller-Anwender-Beziehungen, und insbesondere der darin zur Geltung kommenden Dominanzen und Abhängigkeiten der beteiligten Betriebe, für eine menschengerechte Gestaltung von Arbeit und Technik ziehen, Schlußfolgerungen, die u. E. für das Ansetzen und Funktionalisieren von Forschungs- und Förderpolitik besonders relevant sind und aufgrund der Entwicklungen auf dem Technikmarkt immer wichtiger zu sein scheinen. Entsprechende Aussagen lassen sich freilich nicht auf beschickungsspezifische Implikate beschränken. Insofern beziehen sich unsere Überlegungen nicht (mehr nur) auf Beschickungs- und Handhabungstechniken als Objekt von Hersteller-Anwender-Beziehungen. Wir wollen hier vielmehr allgemein auf bedeutsame Einflußfaktoren im Verhältnis von Herstellern und Anwendern hinweisen, wie sie offensichtlich generell bei der Durchsetzung flexibler Automation, in deren Kontext aber auch die Durchsetzung von Beschickungstechniken erfolgt, eine Rolle spielen, um so mehr als die Entwicklung bzw. die Lieferung von Beschickungstechniken eben auch Bestandteil der Produkte zahlreicher Hersteller von Maschinen- und Transporttechniken ist.

Dabei unterscheiden wir nicht systematisch nach förderpolitisch relevanten Ansatzpunkten bei Herstellern und bei Anwendern; zu unterschiedlich sind dafür die Voraussetzungen in den jeweiligen Anwenderbranchen und -betrieben spanender Werkzeugmaschinen. Gleichwohl soll auf einzelne unterschiedliche Tendenzen innerhalb der mehr oder weniger gleichgerichteten "policies" der Anwenderbetriebe, ihre Bearbeitungs- und Fertigungsabläufe, ihre Material- und Informationsflüsse zu automatisieren und zu verknüpfen, Bezug genommen werden. Wir konzentrieren uns im folgenden vielmehr auf **drei Aspekte der Hersteller-Anwender-Problematik**, in denen spezifische Momente der Entwicklung auf dem Markt für fertigungstechnische Lösungen zum Ausdruck kommen, die wiederum generell für neue Förderansatzpunkte relevant sein könnten wie auch bei der Vergabe konkreter Vorhaben besonders zu berücksichtigen wären.

1. Zunehmende Intransparenz auf dem Technikmarkt

Die bisherige Struktur des Technikmarktes als Verkäufer-Markt war trotz oder gerade wegen ihrer nach Fertigungsfunktionen gegliederten Heterogenität für den Anwender von Einzeltechniken wie für den Planer von Techniksystemen übersichtlich und durchschaubar (vgl. oben). Die mit dem Einsatz der Techniken verbundenen, im Prinzip direkten Auswirkungen für Betrieb und Arbeitskräfte waren in ihrer Intensität und in ihren Grenzen vergleichsweise klar erkenn- und bestimmbar: Dabei handelte es sich, wie bereits erwähnt, weitgehend um auf das einzelne Fertigungsaggregat begrenzte Effekte (der Leistungsfähigkeit, des Betriebsmittelverbrauchs, des Bedienungs- und Wartungsaufwandes usw.) und um bestimmte arbeitsschutz- und arbeitssicherheitsrelevante Konsequenzen, die sich unmittelbar auf die Einzeltechnik bezogen (und vom Anwender beeinflusst werden konnten). Umgekehrt verbanden sich damit kaum Anforderungen an die Arbeitsorganisation und Qualifikation; sofern überhaupt erforderlich, konnten sie vom Anwender weitgehend selbst erkannt und gestaltet bzw. sukzessive angepaßt werden.

Diese Ausgangssituation galt zunächst weitgehend auch für die Entwicklung von Techniksystemen, bei der die Anwender die Verknüpfung von Systemkomponenten in eigener Regie durchführten und von daher auch über die Gestaltung der Schnittstellen (und über die damit verbundenen Effekte) entschieden.

(1) Auch wenn **das Bild vom übersichtlichen und durchschaubaren Technikmarkt** auch heute noch im großen und ganzen für das Marktsegment von einfachen Maschinen und Peripheriegeräten gilt, wie sie nach wie vor in nicht geringer Zahl in den Bereichen der Sonderfertigung und in vielen kleineren und mittleren Betrieben des Maschinenbaus gebraucht und gekauft werden, so **verwischt sich** dieses Bild für das Gros der flexiblen, komplex und integriert ausgelegten Fertigungseinrichtungen und der hierauf bezogenen Beschaffungsprozesse doch immer mehr:

- o Bezüglich Technikangebot wie auch Technikentwicklung geht für die meisten Anwender zunehmend die notwendige **Transparenz des Marktes** und der möglichen Einsatzfelder **verloren**; dies erschwert es ihnen immer mehr (bzw. bedarf eines steigenden, nicht von allen leistbaren Aufwandes), die für die eigenen Produkte und Fertigungsge-

benheiten geeigneten technischen Lösungen auszuwählen, zu projektieren, als Auftrag an die Hersteller zu vergeben und/oder selbst zu installieren.

- o In den von den Herstellern entwickelten und angebotenen **fertigungs-technischen Lösungen** sind - gezielt oder implizit durch den Einbau weiterer Automatisierungsoptionen - zunehmend in der Technik selbst **organisatorische Elemente des Fertigungsablaufs enthalten** oder bestimmte organisatorische Verknüpfungen (Schnittstellen!) vorgesehen. Die herstellerseitige Entwicklung von Grundprogrammen und Softwaremodulen (die sich an durchschnittlichen und planbaren Fertigungsabläufen des Hauptanwendungs-(=Hauptabsatz-)Bereichs orientieren bzw. von dort übernommen werden) legt vielfach spezielle steuerungs- und ablauftechnische Logiken und Prozeßsequenzen weitgehend "verbindlich" und nicht veränderbar fest. Für den Anwender ist zunehmend unklar, welche organisatorischen Elemente bereits in diese Grundprogramme, aber auch in die vom Hersteller zu liefernde Anwendersoftware, übernommen sind, in welcher Weise diese noch adaptierbar bzw. deren Auslegung noch steuerbar bleibt und welche Zwänge sich daraus für ihn ergeben können. Damit aber sind für ihn auch die mit den angebotenen Techniklösungen verbundenen Folgen für die Funktionsfähigkeit bisheriger Arbeits- und Personalstrukturen, für die Arbeitsbedingungen und deren Veränderungen immer weniger transparent, vorsehbar und vor allem immer weniger beherrschbar.
- o Auch die **Vielfalt** der auf dem Markt angebotenen **elektronischen Steuerungen**, die sich über den sukzessiven und inselartigen Einsatz computergesteuerter Einzelaggregate innerhalb der meisten Betriebe etabliert hat, erschwert es den Anwendern, geeignete Techniken auszuwählen, den notwendigen Aufwand für Vernetzungsmaßnahmen, für die Vorhaltung von Ersatzteilen, für Bedienungs- und Wartungsqualifikationen sowie für die daraus resultierenden Zwänge und Möglichkeiten realistisch einzuschätzen und sich darauf richtig einzustellen. Die Vielzahl unterschiedlich aufgebauter Steuerungslogiken und Hardwarebausteine, die Schwierigkeit, Grenzen und Aufwand der Schnittstellenverknüpfung a priori zu bestimmen und das Problem, hierfür notwendiges Know-how im Betrieb zur Verfügung zu haben, macht es vielen Anwendern unmöglich, geeignete Techniklösungen selbst zu konzipieren bzw. detaillierte Aufträge zu vergeben; sie sind

vielmehr gezwungen, die angebotenen Techniklösungen einschließlich der vorgesehenen Steuerungstechnik zu kaufen und bleiben dabei mehr oder weniger auf die Dienste der Steuerungslieferanten selbst angewiesen (und von diesen und ihren Lösungsvorstellungen abhängig).

(2) Von daher könnten geeignete **Qualifizierungskonzepte auch für Rationalisierungsplaner und Beschaffungsexperten**, ebenso wie eine **systematische Auflistung und Verbreitung von Forschungsergebnissen** über Techniken und Anwendungsfälle, dazu beitragen, daß die Anwenderseite für die Sondierung und Verhandlung von Rationalisierungslösungen einen besseren Überblick über die am Markt und in der Praxis vorhandenen Lösungen gewinnt. Insbesondere wäre den Anwenderbetrieben verstärkt die Einsicht zu vermitteln, daß die genaue Analyse von Anwendungserfordernissen - einschließlich der Berücksichtigung von Personaleinsatzaspekten - für die richtige Auswahl und Konzeption fertigungstechnischer Alternativen eine entscheidende Grundlage darstellt, daß die Hersteller von Komplettlösungen deshalb auf umfassende Projektanalysen verpflichtet werden müßten, und daß dieser a priori hohe Kostenaufwand letztlich den zusätzlichen Aufwand für entsprechend langwierige Entwicklungs- und Implementationsprozesse und nachträgliche Anpassungskorrekturen aufwiegt. Förderpolitische Maßnahmen, sei es zur Vorhabensunterstützung, sei es zur Umsetzung von Projektergebnissen, könnten wesentlich auch zur Diffusion anwendergeeigneter Lösungen der Fertigungsautomatisierung beitragen, indem sie die Erkenntnis verbreiten, daß der Anwendungsbezug von Fertigungstechniken allein durch die Erfüllung technikorientierter Kriterien nicht gesichert werden kann: Die Verfügbarkeit über Erfahrungswissen und konkretes Fertigungs-Know-how vor Ort, über die vielfältige Flexibilität menschlichen Arbeitsvermögens usw. hat in diesem Zusammenhang ebenso anwendungsrelevante Bedeutung und ist daher als "konstruktives" Element bei der Konzeption von Fertigungssystemen alternativ einzubeziehen und einzubauen; solche Anforderungen wären bereits bei der Sondierung des Marktes nach Produkten und Herstellern mit zu berücksichtigen.

Sinnvoll, wenn auch ein hoher Anspruch, wäre in diesem Zusammenhang, wenn auf der Basis von Erfahrungen aus unterschiedlichen Systemimplementationen **systematisch Anforderungen an Techniken und Technikssysteme erarbeitet und ausgewertet** werden könnten, die für die Sicherung

oder Verfehlung des angestrebten Anwendungsbezugs bedeutsam sein könnten. Die Nutzung eines entsprechenden Kriterienkataloges könnte beim Anwender darauf hinwirken, daß bereits während der Planungsphase die nicht-technischen Aspekte technisch-organisatorischer Umstellungen stärker beachtet werden. Ähnlich, wie dies bezogen auf beschickungstechnische Alternativen bereits oben empfohlen wurde, wären etwa die Vor- und Nachteile technozentrierter und bedienerarm ausgelegter Fertigungssysteme gegenüber Systemen mit breitem Arbeitskräfteeinsatz und dezentralisierter (Werkstatt-)Steuerung gegenüberzustellen; es wären die unterschiedlichen Effekte bestimmter Teiltechniken und Technikverknüpfungen aufzulisten (etwa bezüglich Flexibilitäten und Rigiditäten für Stör- und Notfälle, bezüglich der mittelfristigen Umstellungsflexibilität, bezüglich Verfügbarkeit und Erhalt von Bedienungs- und Steuerungs-Know-how, von Bearbeitungs- und Werkstoffkenntnissen usw.). Auf dieser Grundlage könnten dann auch, was insbesondere für kleinere Anwenderbetriebe wichtig wäre, generell verwendbare **Pflichtenhefte** entwickelt werden; diese könnten helfen, daß im Interesse aller Beteiligten bereits im Vorfeld der vertraglichen Verhandlungen eine rechtzeitige Detaillierung und (aufwands- und kostenmäßige) Beurteilung der oft vernachlässigten Punkte (wie Softwareentwicklung, Qualifizierungsaufwand, notwendige EDV-Kapazitäten usw.) erfolgt und evtl. spätere Streitpunkte vermieden werden.

2. Tendenz zur Lieferung von Systemlösungen

Mit der Produktion und Lieferung kompletter Problemlösungen durch die Technikhersteller - innerhalb von Beziehungen der Hersteller-Anwender-Kooperation - werden die **Anwenderbetriebe** - trotz ihrer oft dominanten, zumindest aber partnerschaftlich gleichberechtigten vertraglichen Position - "inhaltlich", d.h. bezogen auf die Gestaltung der Fertigungs-, Handhabungs- und Informationsprozesse innerhalb des Systems und der dabei zur Anwendung gelangenden Hard- und Softwarebausteine, immer mehr von diesen **abhängig**. Wegen fehlender Qualifikationen und Kompetenzen, bzw. mangels entsprechender personeller Ressourcen, können die Anwenderbetriebe oft keine eigenen Vorschläge einbringen, aus Kostengründen müssen sie die vom Hersteller favorisierten Lösungen häufig so akzeptieren, wie sie von diesen für notwendig dargestellt werden (dahinter steht natürlich auch das Interesse der Hersteller an generalisierbaren, d.h. auf ihren Absatzmärkten breit verwertbaren Lösungen). Damit aber geht, wie

gezeigt, auch ein Gutteil an **Gestaltungsautonomie** hinsichtlich des eigenen Produktionsprozesses **verloren**; es verringern sich die Möglichkeiten, betriebsinterne Bedingungen, etwa der Arbeitsorganisation, der Qualifikationsanforderungen usw., nach anwenderspezifischen (oder aus humanisierungspolitischer Sicht nach arbeitskräfteorientierten) Gesichtspunkten zu erhalten bzw. (wieder-)herzustellen. Gleichzeitig wird für viele Anwenderbetriebe unklar und möglicherweise unbeeinflussbar, welche Restriktionen damit zukünftig für den Betrieb entstehen, welche Optionen abgeschnitten werden und welche Vernetzungspotentiale geschaffen werden.

(1) Problematisch ist vor allem, daß Hersteller von Systemlösungen, mit denen sie nach unseren Befunden eben zumeist schon Fakten, Zwänge oder Ausgangspunkte für zentralistisch orientierte Fertigungskonzepte setzen, sich hierüber oft nicht im klaren sind bzw. in der Regel keine Vorstellungen über die Arbeitsorganisation beim Anwender entwickeln. Über einige wenige, technisch bedingte Vorgaben hinsichtlich der Bedienung oder Steuerung der Anlagen hinaus enthalten ihre Lösungskonzepte - etwa als Bestandteil der Projektierungsleistungen - keine Vorschläge oder Alternativen für die Herstellung und Bereitstellung notwendiger Qualifikationen und/oder unterschiedlicher Arbeitseinsatzvarianten -, sieht man einmal vom generellen Angebot zeitlich kurzer, herstellerorientierter, d.h. zumeist auf deren konkrete elektronische Steuerung bezogener Schulungskurse ab. Vielmehr werden seitens der Hersteller bestimmte Qualifikationen grundsätzlich vorausgesetzt, ebenso wie die Fähigkeit des Anwenders, die Erfordernisse des technischen Systems durch eine irgend geartete und (angepaßte) Arbeitsorganisation zu erfüllen. Hinzu kommt, daß ein Großteil der fertigungstechnischen Systemlösungen explizit oder immanent auf eine Verknüpfung mit EDV-Systemen zur Produktionsplanung und -steuerung ausgerichtet sind, Systeme, die aber selbst vorrangig in zentralistisch ausgelegten Formen angeboten und vor allem auch eingesetzt werden.

- o Für die Anpassung oder Neugestaltung seiner Arbeitsstrukturen hat der Anwender daher, außer allgemeinen, sich an der vorherrschenden Praxis orientierenden Hinweisen, **von den Herstellern kaum Hilfestellung** zu erwarten. Auf der einen Seite sind aber seine eigenen Kompetenzen zur Realisierung selbstentwickelter oder gar alternativer Vorstellungen zur menschengerechten Gestaltung gering, zumal ihm auch kaum Spielräume zur Verfügung stehen, nachträglich even-

tuelle Potentiale technischer Systeme für andere Arbeitsformen auszuloten bzw. damit zu experimentieren oder gar Einschränkungen zu revidieren. Auf der anderen Seite bleiben ihm im allgemeinen die arbeitsorganisatorischen Optionen, die solche Systeme enthalten, ebenso verborgen wie die Ansatz- und Zeitpunkte, die für eine entsprechende (Vor-)Strukturierung des Lösungskonzepts hätten genutzt werden können bzw. müssen. Von daher ist der Anwender häufig gezwungen, **Arbeitsstrukturen und Arbeitskräfte** an die (mehr oder weniger zwingenden) Anforderungen technischer Systeme **anzupassen** bzw. vorgeblich notwendige Strukturen herzustellen, mit all den negativen Folgen für die Arbeitskräfte und für die Chance, Arbeitsbedingungen grundsätzlich zu verbessern.

- o Vor allem für die **kleineren und mittleren Betriebe** des Maschinenbaus wird die Beschaffungssituation daher immer schwieriger: Sie erhalten entweder Techniklösungen auf dem Markt angeboten, die an den Fertigungsbedingungen und -problemen anders strukturierter Betriebe oder Anwenderbereiche orientiert sind, unter denen sie zwar selbst auswählen, die Konsequenzen der einzelnen Lösungen aber nicht überblicken können; oder aber sie erhalten bei der Bestellung von Komplettlösungen Fertigungssysteme geliefert, bei denen Gewichtung und Auswahl der jeweiligen Systemkomponenten primär im Interesse des Generalunternehmers bzw. des Maschinenherstellers erfolgen und Anwenderanforderungen allenfalls in Form allgemeiner technischer bzw. leistungsbezogener Kriterien berücksichtigt werden. In beiden Fällen kann es zur **Installierung im Prinzip ungeeigneter bzw. suboptimaler Lösungen** kommen, deren Implikationen den bisherigen für solche Betriebe oft sehr bedeutsamen Arbeits- und Qualifikationsstrukturen zuwiderlaufen.
- o Intransparenzen und Abhängigkeiten werden für die Anwenderbetriebe auch im Falle der Lieferung von Systemlösungen durch Generalunternehmer kaum geringer: Hierdurch wird nur die Abwicklung der Anlagenprojektierung, die Abklärung mit den Komponentenlieferanten, die Verantwortlichkeit für die Einhaltung von Terminen und für die Funktionsfähigkeit der Anlagen erleichtert. Die **Intransparenz** hinsichtlich des Zusammenspiels von Systemkomponenten und Steuerungen und die **Abhängigkeit** des Fertigungsablaufs von der Service-

bereitschaft und Servicefähigkeit des Systemlieferanten kann jedoch nachträglich um so **größer** werden.

(2) Humanisierungspolitischer Ansatzpunkt wäre hier die Reduzierung des Risikos der Anwender, daß auf sie ungeeignete Problemlösungen übertragen werden bzw. daß sie nur suboptimale Systemauslegungen erhalten: Anwendungsspezifisch bedingte Unzulänglichkeiten von Fertigungslösungen führen vielfach in den Anwenderbetrieben zu dauerhaften Restriktionen und Belastungen in der Arbeitssituation oder lassen die Diffusion von Vorhabensergebnissen von vornherein scheitern; beides widerspricht den Umsetzungs- und Verbreitungszielen einer Politik zur vorbeugenden und innovativen Gestaltung von Arbeit und Technik. Ziel müßte es daher einmal sein, bei Humanisierungsvorhaben eine zumindest **beschränkte Generalisierbarkeit** der wesentlichsten Elemente neu entwickelter Technikkonzepte sicherzustellen. So wäre etwa bei den bislang vorrangig anwenderorientierten Fördermaßnahmen darauf hinzuwirken, die nicht generalisierbaren Spezifika von Erstanwenderlösungen möglichst frühzeitig aufzuspüren und diese einer differenzierten oder separaten Forschungsbearbeitung zuzuführen; damit könnten Einsatzrigiditäten und Implementationsschwierigkeiten ebenso wie damit verbundene Risiken und Belastungen für die Beschäftigten bei potentiellen Folgeanwendern geringer gehalten werden.

Gleichzeitig müßten - ähnlich wie bereits oben erläutert - durch entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen die **Kompetenzen der Beschaffungs- und Planungsexperten** dahingehend erweitert werden, daß von Herstellern angebotene Fertigungskonzepte, die auf fremde Anwendungsbezüge zugeschnittene Lösungen darstellen, in ihren für den eigenen Betrieb ungeeigneten Elementen erkannt und modifiziert werden können. Dies könnte insbesondere im Rahmen **kooperativer Entwicklungsvorhaben zwischen Herstellern und Anwendern** (siehe dazu unten) geschehen, indem z.B. verstärkt detaillierte und umfassende, möglicherweise auch separat durchgeführte Problemanalysen sowohl bei geförderten wie bei nicht geförderten Technikprojekten beratend und finanziell unterstützt werden. Für alle Beteiligten könnte dadurch die Problematik erhellt werden, die sich aus der Übertragung von Techniken, die für andere Anwendungszusammenhänge entwickelt worden sind, ergeben können (wie dies gerade unsere Befunde für den Bereich der Beschickungstechniken, aber auch für den der Steuerungstechniken gezeigt haben).

Mit wachsender Dimensionierung der Systemlösungen hinsichtlich Ausmaß und Ausstrahlungsreichweite wird auch grundsätzlich deutlich, daß das förderpolitische **Ansetzen bereits in der Planungs- und Analysephase** unverzichtbar wird, um möglichen Fehlentwicklungen oder später nur noch begrenzt revidierbaren Auswirkungen vorbeugen zu können. Über die bereits erwähnte Förderung des analytischen Know-hows zur Anlagen- und Fertigungsplanung hinaus wären hier vor allem auch Kenntnisse und Einsichten über die geeignete "Handhabung" nicht planbarer Auswirkungen systemisch ausgelegter Konzepte zu vermitteln (etwa das Offenhalten bestimmter Umstellungs- oder Vernetzungsoptionen, das Einplanen und Nutzen arbeitskräftebezogener Beteiligungs- und Entscheidungsprozeduren usw.). Dazu gehört letztlich auch, daß Grundlagen und Verfahren zur umfassenden **Bewertung auch der nicht rechenbaren Vorteile und Folgeaufwendungen** bei bestimmten Technik-Alternativen oder bei unterschiedlichen Implementationsverläufen zur Verfügung gestellt werden, insbesondere auch was die Einschätzung der Opportunitätskosten bei versäumten bzw. potentiell erreichbaren Auswirkungen auf den Absatzmärkten oder der möglichen Synergieeffekte durch die Vernetzung bislang getrennt verlaufender Arbeitsschritte usw. betrifft.

In förderpolitischer Perspektive scheint es von daher auch notwendig zu sein, die **betriebliche Interessenvertretung** sowohl hinsichtlich ihrer Kompetenzen zu stärken als auch in geeigneter Weise, insbesondere frühzeitig und dauerhaft, zu beteiligen. Dies gilt nicht nur generell für die zukünftige Entwicklung von Rationalisierungsprozessen (vgl. Altmann, Düll 1987); es ist auch wesentliche Voraussetzung für die Durchführung erfolgreicher Förderpolitik. Die nach unseren Befunden praktizierte selektive Information und in der Regel verspätete Einschaltung des Betriebsrats bei Umstellungsmaßnahmen dürfte sich für die Entwicklung und die Installation umfassender und kompletter Fertigungssysteme erst recht als absolut unzureichend erweisen: Die Verhinderung unerwünschter, oft indirekt und verspätet auftretender Arbeitsfolgen, die Geltendmachung entsprechender Schutzanforderungen oder gar die (rechtzeitige) Einbringung von Gestaltungsvorschlägen setzt voraus, daß die Interessenvertretungsorgane an den Umstellungsvorhaben auf der Grundlage ihrer Kompetenzen und Informationen über Personalstrukturen und Personalprobleme von Anfang an effektiv und kontinuierlich teilnehmen, durchaus auch im originären Interesse des Anwenderbetriebs an der Realisierung der angestrebten Um-

stellungsziele und an der Vermeidung von kontraproduktiven und langwierigen Implementationsverläufen, von Belegschaftskonflikten etc.

3. Der wachsende Einfluß des Technikherstellers auf die Gestaltung von Fertigungs- und Arbeitsstrukturen

Durch die Verlagerung von Planungskompetenz und Planungseinfluß von den Anwendern auf die Hersteller, insbesondere aufgrund der Tendenz zur Installierung von System- und Komplettlösungen, besteht grundsätzlich die Gefahr, daß die Chancen, humanisierungsrelevante Erkenntnisse bei der Projektierung und Gestaltung von Techniken einzuplanen bzw. nach ihrer Installation noch realisieren zu können, noch weiter sinken.

(1) Unsere Befunde zeigten, daß bereits bislang in zahlreichen Betrieben erhebliche **Kommunikations- und Verständnisbarrieren** zwischen den Rationalisierungsplanern der Anwenderbetriebe (etwa in der Beschaffungsabteilung, in der Arbeitsvorbereitung) und den Abteilungen in der Fertigung bestehen konnten, insbesondere hinsichtlich der alltäglichen Probleme vor Ort und den Schwierigkeiten, mit den Umstellungsmaßnahmen im normalen Produktionsablauf konkret zurechtzukommen zu müssen. Diese Hindernisse bzw. Distanzen **vergrößern** sich im Rahmen von Systemplanungen, die federführend von Technikherstellern und/oder externen Beratern durchgeführt werden:

- o Unerwünschte bzw. späte Folgen von Anlagenplanungen sind für betriebsexterne Rationalisierungsplaner noch weit weniger erkennbar und absehbar; im Vergleich zu den Anwenderexperten selbst besitzen sie einen (noch) weit **geringeren Einblick** in den Fertigungsalltag des Anwenderbetriebs und haben keinen unmittelbaren Zugang zu Informationen und Einschätzungen aus der Belegschaft und der Interessenvertretung. Dies gilt erst recht für Auswirkungen in den dem Rationalisierungsbereich vor- und nachgelagerten Abteilungen.
- o Vor allem aber ist auch das **Interesse der Herstellerexperten** anders gerichtet. Ihrer Bereitschaft und ihrem Aufwand, die Fertigung des Anwenders analytisch zu durchdringen und spezifische Gegebenheiten in ihre Planung mitaufzunehmen, sind aus kosten- und absatzpolitischen Überlegungen heraus Grenzen gesetzt; sie beschränken sich da-

her weitgehend (weit mehr als anwendereigene Planungen) auf die Analyse technisch-funktionaler Zusammenhänge von Fertigungssystemen.

- o Später auftretende **Abstimmungs- oder Schnittstellenprobleme** und damit verbundene Arbeitsfolgen sind oft weit eher diesen Besonderheiten (bzw. Unzulänglichkeiten) der Technikentwicklung innerhalb des Hersteller-Anwender-Verhältnisses geschuldet als der durchaus relevanten Problematik, daß bei systemorientierten Automatisierungslösungen verschiedene indirekte Effekte prinzipiell nicht vorhersehbar bzw. nur unzureichend zu beherrschen sind.

(2) Von daher käme es einmal darauf an, die **Hersteller** von der Notwendigkeit einer möglichst eng auf die konkreten Bedürfnisse und Strukturen der Anwender bezogenen und mit diesen kooperativ durchgeführten Erarbeitung fertigungstechnischer Lösungen zu **überzeugen**; ihren Projektierungs- und Verkaufsingenieuren wäre zu vermitteln, daß ein solcher Anwendungsbezug ein intensiveres Eingehen auf die spezifischen Gegebenheiten eines Anwenderbetriebs erfordert, als bislang von seiten der meisten Hersteller aus absatzpolitischen Gründen akzeptiert wird. Vor allem müßte verstärkt die Problematik näher gebracht werden, daß Schwierigkeiten beim Anwender (bei der Anlagensteuerung, bei der Schnittstellenbewältigung, bei Reparaturen, bei der Prozeßumstellung usw.) nicht nur negativ auf den Hersteller, sondern auf den Herstellermarkt generell und damit auch auf die Verbreitung im Prinzip geeigneter sowie förderungswürdiger Techniklösungen zurückschlagen können.

Ziel von Förderpolitik könnte es ferner sein, sowohl durch Informations- und Umsetzungsveranstaltungen wie auch durch Anforderungen an konkrete Forschungs- und Entwicklungsvorhaben den Systemlieferanten die Einsicht zu vermitteln, daß eine (zu) starke Bindung des Anwenders an die Leistungen und das Know-how des Herstellers möglicherweise nur einer kurzfristigen Absatzsicherung im Interesse der Hersteller dient, daß es aber langfristig für beide Teile günstiger sein dürfte, wenn die Anwender hinsichtlich der Beherrschung der bei ihnen eingesetzten Fertigungstechniken auf Dauer eher selbständig bleiben bzw. (wieder) werden. Flankierend könnten hier Maßnahmen helfen, die Beteiligten auf den verschiedensten Ebenen zu qualifizieren: so etwa durch die Unterstützung von Herstellerbestrebungen, den Arbeitskräften ihrer Anwender ein umfas-

senderes Wissen zu vermitteln; aber auch durch die Analyse und Erarbeitung geeigneter Modelle und Konzepte für Diagnosesysteme, für Reparatur- und Wartungskonzepte, für Schulungsmaßnahmen, in denen eine sinnvolle Aufteilung der Kompetenzen und Verantwortlichkeiten zwischen Herstellern und Anwendern angestrebt wird, und das Dilemma vieler Anwender zwischen Herstellerabhängigkeit oder Hilflosigkeit aufgelöst wird.

Gestaltungspolitisch besonders relevant könnte in diesem Zusammenhang die Erarbeitung und Erprobung geeigneter **Kooperations- und Projektierungskonzepte** sein. Diese könnten nicht nur dazu beitragen, daß das Risiko einer mangelhaften Anlagenplanung oder der Übertragung suboptimaler Lösungen begrenzt wird. Die gemeinsame Projektierung von Fertigungstechniken durch Hersteller **und** Anwender könnte auch als Chance begriffen werden, von der bisher verbreiteten Art der Entwicklung und Planung von Einzeltechniken und Techniksystemen, bei der Arbeitskraft als anwendungsrelevante Größe weitgehend ausgeblendet ist, grundsätzlich wegzukommen. Gerade die Planung ganzer Fertigungssysteme bietet - weit eher als bisherige, zumeist isolierte Maßnahmen der Anwenderbetriebe zur Beschaffung und/oder zum Bau von (Einzel-)Techniken in Eigenregie - die Notwendigkeit (und damit die Möglichkeit), alle bzw. möglichst viele relevante und absehbare Zusammenhänge und Lösungsvarianten im vorhinein zu ermitteln, zu sichten und zu bewerten. Durch ein solches umfassendes Planungsvorgehen könnte nicht nur negativen Effekten während und nach der Einführung von Fertigungssystemen aufgrund der Vernachlässigung von arbeitsorganisatorischer oder qualifikatorischer Aspekte eher vorgebeugt werden. Systemplanungen bieten grundsätzlich auch die Chance, frühzeitig und antizipatorisch Optionen für eine menschengerechte **und** innovative Arbeits- und Technikgestaltung in die **Gesamtplanung von Fertigungs- und Arbeitssystem** einzubringen und entsprechend abzusichern. Solche Potentiale wären um so mehr zu nutzen, als auch die Entwicklung von Systemlösungen zumeist - selbst im Rahmen von Kooperationsverbünden zwischen Hersteller und Anwender - nach wie vor der in deutschen Betrieben bestehenden Struktur getrennt verlaufender Rationalisierungspolitik und Personalpolitik weitgehend entspricht. Die Unterstützung geeigneter Kooperationsvorhaben, in denen die Bereitstellung und Anwendung systematisierter Fertigungsplanungserfahrungen (siehe oben) **und** die **Verzahnung technischer und personalpolitischer Zielsetzungen und Maßnahmen** von beiden Seiten angestrebt wird, könnte hierfür wichtige Impulse geben.

4. Die Bedeutung unterschiedlicher Hersteller-Anwender-Beziehungen

Eine wichtige Voraussetzung für die Berücksichtigung der genannten Punkte wäre freilich, daß **Hersteller-Anwender-Beziehungen generell als Ansatzpunkt** einer auf die menschengerechte und innovative Arbeits- und Technikgestaltung ausgerichtete Förderpolitik genutzt werden und hierzu weitere und detailliertere Erkenntnisse für geeignete Ansatzpunkte der Förderung erarbeitet werden. Sinnvoll wäre vor allem, sich bei entsprechenden Forschungsvorhaben an den von uns identifizierten **unterschiedlichen Formen** von Hersteller-Anwender-Beziehungen zu orientieren und sich auf jene Spezifika zu stützen, die am ehesten Aussichten auf gestaltungspolitische Effizienz versprechen.

(1) So ist nach unseren Befunden in Fällen der **Hersteller-Anwender-Identität** ebenso wie der in Konstellationen der **begrenzten Anwenderdominanz bei anwendereigenen Systemlösungen** - trotz der größeren "Nähe" des Rationalisierungsvorhabens zu den Fertigungsbedingungen des Anwenders - in der Praxis die Chance nicht allzu groß, daß in der Analyse der anwendungsbezogenen Erfordernisse arbeitskräfterelevante Momente ein größeres Gewicht erhalten und eine frühzeitigere Berücksichtigung erfahren als in anderen Hersteller-Anwender-Beziehungen. Strukturell ungünstige Voraussetzungen, wie etwa geringe finanzielle Eigenmittel, Dominanz strukturkonservativer, (anwender-)betriebsspezifischer Lösungsmuster, Tendenz (nur) zu Engpaßlösungen usw. (vgl. dazu oben), stehen dieser Chance in solchen Fällen eher entgegen. Auch werden in Fällen der Hersteller-Anwender-Identität die Anforderungen eines überbetrieblichen Anwendungsbezugs im Verhältnis zu den eigenen Fertigungsbedürfnissen selten gleichwertig gesehen; die Chancen einer verallgemeinerbaren Gestaltung und Auslegung von Problemlösungen sind deshalb in solchen Fällen zunächst eher als gering einzuschätzen.

Entsprechende Fördermaßnahmen müßten gerade an diesen Hindernissen ansetzen und darauf hinwirken, daß die **Vorhabensplanung umfassend und systematisch** vonstatten geht, **betriebsübergreifend** praktizierte Konzepte und externe Expertenmeinungen einbezogen und mögliche Einsatzbedingungen in anderen Betrieben berücksichtigt werden, um allzu enge und diffusionsfeindliche Lösungsansätze zu unterbinden.

(2) Weit günstigere Voraussetzungen scheinen **im Rahmen von Kooperationsverbünden** der oben geschilderten Art, insbesondere solchen zwischen Herstellern und Anwendern, gegeben zu sein. Dabei müßte allerdings die **Anwenderseite** generell und in der intensiven Zusammenarbeit konkreter Vorhaben wegen des im allgemeinen dominanten Einflusses von Generalunternehmern **wesentlich gestärkt** und insbesondere dem Verlust von Kompetenzen der Gestaltung und Instandhaltung von Fertigungsanlagen entgegengewirkt werden. Hierzu gehören vor allem eben, wie bereits verschiedentlich betont, Maßnahmen des systematischen Aufbaus von fertigungs- und systemtechnischem Wissen in den Beschaffungs-, Planungs- und technischen Abteilungen des Anwenders, ebenso wie die Erprobung und Unterstützung gemeinsamer Analyse- und Koordinierungsschritte. Ein durch die Stärkung der Anwenderseite verbessertes "Gleichgewicht" zwischen beiden Seiten erhöht innerhalb solchen kooperativen Beziehungen die Chance, daß geeignete und alternative technische Konzepte entwickelt werden, die nicht allzu rasch aus bereits vorhandenen, vom Hersteller favorisierten, Lösungen abgeleitet werden. Vielmehr könnte der Anwender dann eher selbst auf der Basis eigenen Know-hows, unter Bezug auf seine konkrete technische Ausstattung und die für ihn wichtigen personellen und qualifikatorischen Strukturen geeignete Planungsvorschläge zum Einsatz konkreter Fertigungstechniken und zur entsprechenden Auslegung von Mensch-Maschine-Systemen einbringen.

Die Nutzung derartiger Kooperationsverhältnisse und die Stärkung der Anwenderseite zur besseren Berücksichtigung alternativer und/oder humanisierungsrelevanter Lösungsansätze bietet sich als förderpolitischer Ansatzpunkt vor allem in dem von uns zentral untersuchten **Bereich des Werkzeugmaschinenbaus** an, der von herstellerseitig dominierten, eher zentralistisch ausgelegten Systemlösungen zunehmend betroffen zu sein scheint, zumal in diesem Bereich, wie erwähnt, (noch) größere Chancen zur Erhaltung und/oder Wiederherstellung qualifizierter Produktionsarbeit, auch bei erheblich automatisierten Bearbeitungs- und Beschickungsabläufen, bestehen. Hierauf verweisen insbesondere Erfahrungen aus solchen **kooperativ entwickelten Systemlösungen**, in denen mehrere gleichartige Bearbeitungsmaschinen zu in sich geschlossenen, inselartigen Fertigungssystemen zusammengefaßt werden. Da sich trotz der günstigeren Ausgangsbedingungen im Werkzeugmaschinenbau und trotz solcher Optionen ganzheitlich ausgelegte und qualifikatorisch anspruchsvolle Arbeitsstrukturen dort nicht zwangsläufig erhalten bzw. herstellen und auch all-

gemeine gestaltungspolitische Appelle an die Fertigungsplaner der Anwenderbetriebe die Tendenz zum Einsatz zentralistischer und arbeitsteiliger Fertigungskonzepte nicht zu verhindern scheinen, stellt die Unterstützung entsprechender Vorhaben in dieser Branche und die Demonstration der Funktionsfähigkeit und der Vorteile alternativer Fertigungskonzepte einen wichtigen forschungs- und förderpolitischen Ansatzpunkt dar; denn gerade dort befinden sich ja zahlreiche kleinere und mittlere Anwenderbetriebe grundsätzlich bereits in einer schwachen Position gegenüber ihren Techniklieferanten. Hieraus könnten sich auch fruchtbare Anstöße für Hersteller-Anwender-Beziehungen in jenen Bereichen ergeben, in denen Fertigungsvorstellungen dominanter Anwenderbetriebe mit Großserienfertigung den Automatisierungsgrad und die zentralistische Struktur größerer und in sich verketteter Fertigungssysteme weitgehend prägen.

Literatur

- Altmann, N.; Deiß, M.; Döhl, V.; Sauer, D.: Ein "Neuer Rationalisierungstyp" - neue Anforderungen an die Industriesoziologie. In: Soziale Welt, Heft 2/3, 37. Jg., 1986, S. 191-206.
- Altmann, N.; Düll, K.: Rationalisierung und neue Verhandlungsprobleme im Betrieb. In: WSI-Mitteilungen, Heft 5, 40. Jg., 1987, S. 261-269.
- Altmann, N.; Sauer, D. (Hrsg.): Systemische Rationalisierung und Zulieferindustrie - Sozialwissenschaftliche Aspekte zwischenbetrieblicher Arbeitsteilung, Frankfurt/München 1989.
- Autorenkollektiv: Entwicklung eines flexiblen, maschinenintegrierten Handhabungssystems für numerisch gesteuerte Drehmaschinen, Forschungsbericht KfK-PDV 214, Karlsruhe 1981.
- AWF (Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung) (Hrsg.): Fertigungsinseln - Praxis, Forschung, Erfahrung, Tagungsband 1988, Eschborn 1988.
- Bahke, E.: Taylors Lehren - Die richtige Arbeitsteilung ermöglicht automatisches Handling. In: Materialfluß, Sonderpublikation "Verketteten", 1987, S. 10-16.
- Bergmann, J.; Hirsch-Kreinsen, H.; Springer, R.; Wolf, H.: Rationalisierung, Technisierung und Kontrolle des Arbeitsprozesses - Die Einführung der CNC-Technologie in Betrieben des Maschinenbaus, Frankfurt/New York 1986.
- BMFT (Bundesminister für Forschung und Technologie) (Hrsg.): Handhabungssysteme - Entscheidungshilfen und Einsatzverfahren aus technischer Sicht, Schriftenreihe "Humanisierung des Arbeitslebens", Band 11, Bonn 1981.
- BMFT (Bundesminister für Forschung und Technologie) (Hrsg.): Industrieroboteinsatz - Stand und Entwicklungstendenzen, Schriftenreihe "Humanisierung des Arbeitslebens", Band 23, Bonn 1982.
- BMFT (Bundesminister für Forschung und Technologie) (Hrsg.): Handhabungssysteme - Neue Einsatzbereiche und die sozialen Wirkungen - Zwei Untersuchungen, Schriftenreihe "Humanisierung des Arbeitslebens", Band 30, Bonn 1984.
- BMFT (Bundesminister für Forschung und Technologie) (Hrsg.): Arbeitssysteme mit integrierten Handhabungsgeräten - Planung des Einsatzes, Lösungskatalog für das Ordnen und Zuführen von Werkstücken, Schriftenreihe "Humanisierung des Arbeitslebens", Band 56, Bonn 1984a.
- Börnecke, G.: Produktivitätssteigerung durch Materialflußoptimierung. In: Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (Hrsg.): CIM - Die informationstechnische Herausforderung, Berlin 1986, S. 171-176.
- Braczyk, H.-J.; Weber, H.: Flexible Fertigungssysteme - Soziale Konsequenzen und ihre Regelung in betrieblichen und überbetrieblichen Verhandlungssystemen (1), Bielefeld 1988.
- Brödner, P. (Hrsg.): PDV-Berichte - Neue Fertigungstechnologien und Qualität der Arbeitsplätze, Forschungsbericht KfK-PDV 205, Karlsruhe 1981.

- Brödner, P.: Forschungsförderung des BMFT auf dem Gebiet Handhabungs- und Montagetechnik. In: PFT (Hrsg.): Automatisiertes Zuführen, Karlsruhe 1981a, S. 41-54.
- Bürgel, W.; Eversheim, W.; Burkart, G.; Müller, W.: Möglichkeiten der Integration von Handhabungsfunktionen in Lager-, Förder- und Bearbeitungssysteme, Forschungsbericht KfK-PFT 53, Karlsruhe 1983.
- Bürgel, W.: Produktionslogistik als CIM-Baustein. In: VDI (Hrsg.): Rechnerintegrierte Konstruktion und Produktion 1986: Entwicklungsstand und Einsatzbeispiele verfügbarer CIM-Bausteine/SYTEC 1986, Düsseldorf 1986, S. 311-332.
- Bürgler, G.: Qual der Wahl - Manuelle Programmierung, NC-Programmiersystem (welches?) - oder warten auf CAD/CAM? In: NC-Report, 1982, S. 100-106.
- Deiß, M.; Döhl, V.; Sauer, D.: Innovation und Verbreitung humanisierungsrelevanter Technologien. Die Bedeutung des Verhältnisses von Hersteller und Anwender, Zwischenbericht für das BMFT, als Manuskript vervielfältigt, München 1983.
- Deiß, M.; Altmann, N.; Döhl, V.; Sauer, D.: Neue Rationalisierungsstrategien in der Möbelindustrie II - Folgen für die Beschäftigten, Frankfurt/München 1989.
- Döhl, V.; Altmann, N.; Deiß, M.; Sauer, D.: Neue Rationalisierungsstrategien in der Möbelindustrie I - Markt und Technischeinsatz, Frankfurt/München 1989.
- Eckert, M.: Der Markt macht Produktionseinrichtungen flexibel. In: NC-Praxis, Heft 6, 1984, S. 82-86.
- Eigen, F.: Besondere Anforderungen - Programmierung im Werkzeugbau ist nicht Standard. In: NC-Praxis, Heft 6, 1984, S. 54-56.
- Feldmann, K.: Entwicklung und Erprobung rechnerintegrierter Drehzellen. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung, Sonderheft, 83. Jg., Oktober 1988, S. 15-17.
- Fix-Sterz, J.; Lay, G.; Schultz-Wild, R.: Stand und Entwicklungstendenzen flexibler Fertigungssysteme und -zellen in der Bundesrepublik Deutschland, Karlsruhe/München 1986.
- Fix-Sterz, J.; Lay, G.; Schultz-Wild, R.: Flexible Fertigungssysteme und Fertigungszellen - Stand und Entwicklungstendenzen in der Bundesrepublik Deutschland. In: VDI-Z, Heft 11, 128. Jg., 1986a, S. 369-379.
- Hammer, H.: FMS kontra Transferstraße - Ausführungsbeispiele für hohe Stückzahlen. In: AWF (Hrsg.): Praxis der Fertigungsautomatisierung, Beitrag Nr. 4, Tagungsband 1987, Eschborn 1987.
- Hartley, J.: Are There Really so Many Robots in Japan? In: J. Hartley (Hrsg.): Flexible Automation in Japan, Berlin 1984, S. 5-8.
- Hirsch-Kreinsen, H.: Organisation mit EDV - Bedingungen und arbeitsorganisatorische Folgen des Einsatzes von Systemen der Fertigungssteuerung in Maschinenbaubetrieben, Frankfurt 1984.

- Hirsch-Kreinsen, H.; Schultz-Wild, R.; Köhler, Ch.; Behr, M. v.: Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion - Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau, Frankfurt/München 1990.
- Hopfengärtner, H.: Bedeutung der Grundlagenarbeit zum Ordnen und Zuführen von Werkstücken aus der Sicht des Anwenders. In: PFT (Hrsg.): Automatisiertes Zuführen, Karlsruhe 1981, S. 55-68.
- Kasiske, R.; Manske, F.; Pelull, W.; Wobbe, W.: Der Einsatz von Industrierobotern (IR) und seine Auswirkungen auf Arbeitsbedingungen und Beschäftigung. In: P. Brödner (Hrsg.): PDV-Berichte, Karlsruhe 1981, S. 145-155.
- Kern, H.; Schumann, M.: Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion, München 1984.
- Kief, H.B.: Flexible Fertigungssysteme '86/87, Michelstadt 1986.
- Klaczko, S.; Künne, H.-U.: Auf dem Weg zum Universalgenie? In: Roboter, Heft 1, 1984, S. 22-26.
- Kohoska, H.: Werkzeugmaschinenbau: Ausleseautomatik. In: Absatzwirtschaft, Heft 11, 1985, S. 90-100.
- Kompa, G.: Sensoren im MHI-Bereich - Entwicklungsstand und Trends. In: VDI-Zeitschrift, Heft 2, 130. Jg., 1988, S. 42-54.
- Kreis, W.: Roboter sind keine Alleskönner. In: Roboter, Heft 1, 1985, S. 38-40.
- Leibinger, B.: Entwicklungstendenzen im Werkzeugmaschinenbau. In: G. Neipp; W. Pfeifer (Hrsg.): Strategien der industriellen Fertigungswirtschaft, Berlin 1986, S. 95-122.
- Lutz, B.; Moldaschl, M.: Expertensysteme und industrielle Facharbeit - Ein Gutachten über denkbare qualifikatorische Auswirkungen von Expertensystemen in der fertigen Industrie, Frankfurt/München 1989.
- Malsch, Th.; Dohse, K.; Jürgens, U.: Industrieroboter im Fahrzeugbau - Alternative Mechanisierungsformen im Wettbewerb. In: ZwF (Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung), Heft 4, 80. Jg., 1985, S. 165-168.
- Manske, F.; Wobbe-Ohlenburg, W.: Rechnergestützte Systeme der Fertigungssteuerung in der Kleinserienfertigung - Auswirkungen auf die Arbeitssituation und Ansatzpunkte für eine menschengerechte Arbeitsgestaltung, Karlsruhe 1984.
- Materialfluß: Verketteten, Sonderpublikation 1987, S. 75-106.
- MHI (Fachgemeinschaft Montage-Handhabung-Industrieroboter im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA)): Statistiken.
- Mielke, D.: NC-Maschine + Roboter = Ideales Gespann? In: NC-Report 82, Sonderausgabe der NC-Fertigung, 1982, S. 94-99.
- Moderne Fertigung: Drehmaschine wird Zerspanungsroboter - Entwicklungsstand zur Komplettfertigung, Heft 12, 1986, S. 29-32.
- Moderne Fertigung: Stumme Diener für fleißige Maschinen - Maschineneigene Lader entlasten den Bediener, Heft 12, 1986a, S. 34.

- Müller, S.: Deutsche Roboter- und Montagetechnik im Aufwind. In: *ZwF*, Heft 10, 81. Jg., 1986, S. 511-512.
- NC-Fertigung: Der nächste Schritt, Heft 3, 1982, S. 16-36.
- NC-Fertigung: Extraklasse - Endlich, Roboter speziell für den Werkzeugmaschinenbau, Heft 3, 1982a, S. 38-48.
- NC-Fertigung: Entschiedene Flucht nach vorn, Heft 5, 1982b, S. 46-59.
- NC-Fertigung: Flexible Automation, Heft 6, 1982c, S. 40-48.
- NC-Fertigung: Gelungenes Pilotprojekt, Heft 1, 1984, S. 40-56.
- NC-Fertigung: Nachholbedarf, Heft 1, 1984a, S. 59-66.
- NC-Fertigung: Plattform für die Aufholjagd, Heft 3-4, 1984b, S. 50-62.
- NC-Fertigung: Lücke geschlossen, Heft 5, 1984c, S. 83-91.
- NC-Fertigung: Unaufhaltsamer Zug der Zeit, Heft 6, 1984d, S.11.
- NC-Fertigung: FFS: Wagnis ohne Alternative, Heft 3, 1985, S. 164-173.
- NC-Praxis: Die Peripherie gehört zur Maschine, Heft 9, 1984, S. 48-54.
- NC-Report: Hilfe zur Unzeit, Sonderausgabe der NC-Fertigung, 1982, S. 17-26.
- NC-Report: Esslinger Überraschung, Sonderausgabe der NC-Fertigung, 1982a, S. 28-40.
- NC-Report: Sanfter Druck, Sonderausgabe der NC-Fertigung, 1983, S. 28-37.
- NC-Report: Der große Clinch, Sonderausgabe der NC-Fertigung, 1984, S. 35-40.
- Niehaus, Th.; Zühlke, D.: Offline programmiert und getestet. In: *Roboter*, Heft 3, 1984, S. 22-24.
- Nuber, Ch.; Schultz-Wild, R.: Werkstattprogrammierung - Setzt sich das Konzept durch? In: *Technische Rundschau*, Heft 19, 81. Jg., 1989, S. 34-41.
- Obermann, K.: Mann und Roboter - jeder hat seinen Bereich. In: *Humane Produktion*, Heft 4, 4. Jg., 1982, S. 14-15.
- Pater, H.G.: Komplettierte Peripherie. In: *NC-Fertigung*, Heft 6, 1984, S. 82-91.
- PFT (Projektträger Fertigungstechnik) (Hrsg.): *Automatisiertes Zuführen*, Forschungsbericht KfK-PFT 3, Karlsruhe 1981.
- Potthast, A.: Numerische Steuerungen - Grundlage zur Automatisierung von Werkzeugmaschinen. In: *Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung*, Sonderheft, 83. Jg., Okt. 1988, S. 42-44.
- Prasch, J.: Off-Line zum Fräroboter. In: *Roboter*, Heft 6, 1988, S. 16-18.
- Raab, H. H.: MHI-Spezial - Ist Werkstückhandhabung wirtschaftlich geworden? In: *Moderne Fertigung*, Heft 5, 1987, S. 50-52.
- Rempp, H.: Die Einführung flexibler Fertigungssysteme (FFS) und ihre Auswirkungen auf Arbeitsplatzstrukturen. In: P. Brödner (Hrsg.): *PDV-Berichte*, Karlsruhe 1981, S. 259-287.

- Roboter: Volkszählung mit Ertrag, Heft 1, 1984, S. 72-77.
- Roboter: Nach welchen Kriterien werden Roboter gebaut und gekauft? Heft 3, 1984a, S. 26-31.
- Roboter: Anwender im Stich gelassen? Heft 2, 1985, S. 14-15.
- Roboter: Wo Werkzeugmaschinen sind, sind auch Roboter, Heft 6, 1985a, S. 56-67.
- Roboter: Der erfolgreiche VW-Baukasten. Heft 2, 1987, S. 66-70.
- Roth, S.; Kohl, H. (Hrsg.): Perspektive: Gruppenarbeit, Köln 1988.
- Schneider, M.: Robotersimulation und Offline-Programmierung. In: Roboter, Heft 4, 1986, S. 20-24.
- Schweizer, M.: Durchbruch mit Verspätung. In: Roboter, Heft 1, 1987, S. 24-28.
- Schultz-Wild, R.; Asendorf, I.; Behr, M. v.; Köhler, Ch.; Lutz, B.; Nuber, Ch.: Flexible Fertigung und Industriearbeit - Die Einführung eines flexiblen Fertigungssystems in einem Maschinenbaubetrieb, Frankfurt/München 1986.
- Seitz, D.; Streich, W.: Zehn Jahre Technikfolgenanalyse und Arbeitsgestaltung im Bereich des Einsatzes von Industrierobotern - Versuch einer Systematisierung des Erkenntnisstandes. In: W. Fricke u.a. (Hrsg.): Jahrbuch Arbeit und Technik in Nordrhein-Westfalen 1987, Bonn 1987, S. 107-126.
- SOFI Göttingen (Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen); Universität Bremen (Zentrale wissenschaftliche Einrichtung "Arbeit und Betrieb"): Industrieroboter - Bedingungen und soziale Folgen des Einsatzes neuer Technologien in der Automobilproduktion, hrsg. vom BMFT, Band 13, Bonn 1981.
- Spur, G. (Hrsg.): Industrieroboter: Steuerung, Programmierung und Daten von flexiblen Handhabungseinrichtungen, München/Wien 1979.
- Steinhilper, R.: FFS = fatale Fehleinschätzung. In: NC-Praxis, Heft 6, 1984, S. 36-43.
- Thole, P.: Entwicklungstendenzen bei flexiblen Fertigungssystemen. In: ZWF, Heft 8, 81. Jg., 1986, S. 431-434.
- Urban, G.: Erweiterte Sichtweise bei der Einsatzgestaltung von Industrierobotern. In: Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung (Hrsg.): Gesundheit am Arbeitsplatz - Neue Techniken menschengerecht gestalten, Bonn 1988, S. 62-75.
- VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V.): Statistiken.
- Verein zur Anwendung neuer Technologien (NCG): Werkstückspannung, Brennpunkt der Fertigung, Tagungsband zur Fachtagung vom 14.4.1988 in Neu-Ulm.
- Vettin, G.: Einsatzmöglichkeiten flexibler Fertigungssysteme - Probleme der Planung und Einführung. In: P. Brödner (Hrsg.): PDV-Berichte, Karlsruhe 1981, S. 241-258.
- Volkholz, V.; Korndörfer, V.: Einsatz von Handhabungssystemen: Veränderung der umliegenden Arbeitsplätze und neue Einsatzbereiche. In: P. Brödner (Hrsg.): PDV-Berichte, Karlsruhe 1981, S. 157-171.

Wiendahl, H.-P.: Zuführen und Ordnen von Werkstücken in der automatisierten Produktion. In: PFT (Hrsg.): Automatisiertes Zuführen, Karlsruhe 1981, S. 17-40.

Zörgiebel, W. W.: Technologie in der Wettbewerbsstrategie, Berlin 1983.

DAS INSTITUT FÜR SOZIALWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG E.V. - ISF MÜNCHEN -

Das ISF - ein eingetragener Verein mit anerkannter Gemeinnützigkeit - entstand in seiner jetzigen Form und Aufgabenstellung 1965 und finanziert sich ausschließlich durch projektgebundene Einnahmen. Mitglieder des Vereins und seines Vorstandes sind Personen, die mit der Arbeit des Instituts - zum Teil als langjährige Mitarbeiter - verbunden sind.

Die Arbeitsgebiete des ISF sind vor allem: Industriesoziologische Technikforschung, Qualifikations- und Arbeitsmarktforschung und Untersuchungen über betriebliche Arbeits- und Personalpolitik. Bei den Projekten handelt es sich entweder um Auftragsforschung für öffentliche Stellen, insbesondere für fachlich zuständige Bundesministerien, oder um Grundlagenforschung, insbesondere im Rahmen eines Sonderforschungsbereiches der Universität München, an dem das Institut beteiligt ist (SFB 333 - Entwicklungsperspektiven von Arbeit). Das Institut ist bestrebt, Auftragsforschung und Grundlagenforschung im wechselseitigen Interesse thematisch und personell möglichst eng zu koordinieren.

Im ISF arbeiten etwa 25 Wissenschaftler mit sozial- bzw. wirtschaftswissenschaftlicher Ausbildung, nicht selten mit einer Zusatz- oder Doppelqualifikation (Wirtschaftswissenschaften/Soziologie, Jurisprudenz/Soziologie bzw. Nationalökonomie, Ingenieurwissenschaften/Soziologie, Psychologie) und überwiegend mit langjähriger Forschungserfahrung.

Ein Überblick über die bisherigen Arbeiten und Veröffentlichungen ist über das Institut erhältlich.

INSTITUT FÜR SOZIALWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG E.V. - ISF MÜNCHEN
Jakob-Klar-Straße 9 - 8000 München 40 - Tel. 089/272921-0 - Fax 089/272921-60